

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА  
ФАКУЛЬТЕТ ПСИХОЛОГІЇ  
КАФЕДРА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ ТА ПРИКЛАДНОЇ ПСИХОЛОГІЇ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
**ЗМІНА КОНЦЕПЦІЇ ПЕРЦЕПТИВНОГО СУДЖЕННЯ ПІД ВПЛИВОМ  
КОНТЕКСТУАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СЕРЕДОВИЩА**  
на здобуття освітнього ступеня «Магістр»  
з напрямку «Психологія», ОНП «Нейропсихологія»

студентки 2 року ОР Магістр  
спеціальності 053 «Психологія»,  
освітньої програми «Нейропсихологія»

**Баштецької Анастасії Вячеславівни**  
Науковий керівник:

к. філософ. н., доцент кафедри  
експериментальної та прикладної  
психології

**Кондратьєва Вероніка Ігорівна**

Допустити до захисту в ЕК

кафедра експериментальної та прикладної психології

Протокол № \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_

Завідувач кафедри:

кандидат психологічних наук, доцент

Малишева Каріне Олегівна

\_\_\_\_\_ (підпис)

**КИЇВ – 2025**

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП.....</b>	<b>4</b>
<b>РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КОНТЕКСТУАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СЕРЕДОВИЩА НА ЗМІНУ КОНЦЕПЦІЇ ПЕРЦЕПТИВНОГО СУДЖЕННЯ.....</b>	<b>12</b>
1.1. Контекстуальні фактори та динаміка судження: як середовище формує стратегії ухвалення рішень .....	12
1.2. Вплив частоти стимулів і зовнішнього фідбеку на зміну категоріальних меж у процесі перцептивної класифікації.....	21
1.3. Нейрокогнітивні основи адаптивної перебудови суджень у змінних середовищах.....	25
Висновки до розділу 1 .....	32
<b>РОЗДІЛ 2. ОРГАНІЗАЦІЯ ТА МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕМПІРИЧНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ.....</b>	<b>34</b>
2.1. Вибір та обґрунтування методів дослідження.....	34
2.2. Опис процедури дослідження.....	38
2.3. Характеристика вибірки дослідження.....	44
Висновки до Розділу 2 .....	48
<b>РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ЕМПІРИЧНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КОНТЕКСТУАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СЕРЕДОВИЩА НА ЗМІНУ КОНЦЕПЦІЇ ПЕРЦЕПТИВНОГО СУДЖЕННЯ.....</b>	<b>50</b>
3.1. Загальний огляд результатів першого експерименту.....	50
3.2. Загальний огляд результатів другого експерименту.....	54
3.2. Загальний огляд результатів комбінованого аналізу першого та другого експериментів.....	59
3.2. Обговорення результатів.....	65
Висновки до розділу 3.....	72

<b>ВИСНОВКИ .....</b>	<b>74</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....</b>	<b>76</b>

## ВСТУП

**Актуальність теми дослідження.** У сучасних когнітивних, нейропсихологічних та прикладних психологічних дослідженнях проблема перцептивного судження набуває особливої актуальності, оскільки стає очевидним, що процеси сприйняття та категоризації об'єктів детермінуються не лише фізичними характеристиками стимулу, але й контекстуальними характеристиками середовища. Зокрема, численні емпіричні дані свідчать, що частота появи певних стимулів, наявність або відсутність зворотного зв'язку, структурні характеристики завдання здатні суттєво змінювати налаштування критеріїв судження, що, у свою чергу, призводить до модифікації меж категорій навіть за незмінних об'єктивних параметрів стимулів (Wolfe et al., 2013; Levari et al., 2018; Devine et al., 2020; Heim, Peiseler & Bekemeier 2020; Lyu et al., 2021; Witt, K. M., & Macaskill, A. C., 2022). Більш того, подібні ефекти контекстуальної модуляції спостерігаються не тільки на рівні перцептивних рішень, але й на вищих когнітивних рівнях, зокрема у моральних судженнях, де зміна частоти певних подій або соціальних норм також може призводити до переосмислення меж прийнятного та неприйнятного (Levari et al., 2018). Це свідчить про фундаментальність механізмів адаптивного налаштування судження у відповідь на зміну середовища.

Вивчення цієї проблеми є значущим як з теоретичної, так і з практичної точки зору. Науковий інтерес обумовлений потребою у більш детальному розумінні когнітивних механізмів адаптації до змінної або непередбачуваної інформаційної структури середовища. Практичне значення теми зумовлене її прямим застосуванням у таких сферах, як медична діагностика, судова експертиза, безпекові служби, освітні технології, де помилки у судженнях можуть мати критичні наслідки. Наприклад, дослідження впливу низької поширеності цільових подій на зниження чутливості операторів безпеки в

аеропортах демонструють реальні ризики контекстуальної модуляції суджень (Wolfe et al., 2013).

Попри наявність значного обсягу досліджень, рівень розробленості окремих аспектів теми залишається недостатнім. Зокрема, залишається відкритим питання щодо точних нейрокогнітивних механізмів, які опосередковують зміщення критеріїв судження залежно від контексту, а також щодо індивідуальних відмінностей у чутливості до контекстуальних змін. Недостатньо вивченою є роль зворотного зв'язку у процесах адаптації критеріїв рішень: деякі дослідження вказують на те, що наявність фідбеку може модулювати або навіть запобігати концептуальним зсувам у судженні, однак емпіричні дані на цю тему залишаються фрагментарними та потребують систематизації (Lyu et al., 2021; Fennell & Baddeley, 2012).

Актуальність теми також посилюється загальною тенденцією в когнітивній науці до створення моделей людського мислення, які враховують контекстуальну залежність процесів сприйняття, пам'яті та ухвалення рішень (Wallsten, 2024; Myers, Interian & Moustafa, 2022; Rescorla, 2021). Сучасні теорії розглядають судження як процес активного моделювання реальності, що залежить від контексту, де індивід застосовує гнучкі механізми налаштування критеріїв згідно з поточними вимогами середовища (Канеман, Словик & Тверський, 2005; Tversky, Sattath & Slovic, 1988; Tversky & Simonson, 1993; Parducci 1995; Ordóñez, Mellers, Chang & Roberts, 1995; Koehler, 1996; Kruschke, 1996; Gigerenzer, 2007; Goodie & Young, 2007; Enke, Graeber & Oprea, 2025). Тому дослідження змін концепції перцептивного судження під впливом контекстуальних характеристик середовища є актуальним і необхідним для подальшого розвитку фундаментальних теорій когнітивної адаптації, оптимізації практичних систем прийняття рішень, а також для розробки

інтервенцій, спрямованих на зменшення ймовірності систематичних помилок у перцептивних судженнях.

Вивчення змін у концепції перцептивного судження під впливом контекстуальних характеристик середовища є важливим для розуміння механізмів адаптації людських суджень до змінюваних умов. Зміна поширеності стимулів та інших контекстуальних факторів може суттєво впливати на точність і гнучкість рішень. Знання про ці механізми важливе для розробки ефективних практичних стратегій, які можуть покращити точність та надійність прийняття рішень у різних сферах діяльності, від щоденних завдань до більш складних когнітивних процесів, таких як моральні чи етичні судження.

**Метою дослідження** є виявлення впливу поширеності стимулів у середовищі та наявності зворотного зв'язку на зміну перцептивних суджень про їхню категоріальну належність, а також аналіз цих змін як індикаторів когнітивної гнучкості в процесах категоризації. У ширшому контексті мета полягає в описі механізмів адаптації судження до контекстуальних властивостей середовища та в аналізі індивідуальних особливостей такої адаптації.

**Завдання:**

1. Здійснити теоретичний аналіз сучасних психологічних і нейропсихологічних досліджень, що пояснюють вплив контекстуальних умов середовища — зокрема частоти появи стимулів та наявності зворотного зв'язку — на когнітивні механізми сприйняття, оцінювання та зміну суджень.
2. Емпірично дослідити, як варіації статистичних характеристик середовища — зокрема частотне співвідношення стимулів — впливають на зміну рішень щодо перцептивної належності стимулів до певної категорії.

3. Встановити роль зворотного зв'язку як контекстуального чинника, що модулює процес адаптації суджень у ситуаціях зі змінною поширеністю стимулів.
4. Оцінити взаємодію між умовами середовища (поширеність, зворотний зв'язок / його відсутність) та індивідуальними відмінностями респондентів у динаміці класифікації стимулів і зміні перцептивних суджень.

**Об'єкт дослідження** – когнітивні механізми перцептивної обробки та прийняття рішень у змінному сенсорному середовищі, адаптація до варіативних контекстуальних умов.

**Предмет дослідження** – вплив статистичних властивостей стимулів (зокрема їх поширеності) та зворотного зв'язку на динаміку перцептивного судження, зміну категоризації та адаптацію у процесі класифікації стимулів.

**Методи дослідження:**

*Теоретичні методи:* У теоретичному аналізі використано методи аналізу та синтезу для дослідження контекстуальних факторів, що впливають на процеси ухвалення рішень. Основну увагу приділено систематизації існуючих досліджень, що стосуються перцептивної обробки стимулів і зміни суджень у варіативних умовах. Концентрація була також і на вивченні концептуальних змін у судженнях через призму нейропсихологічних механізмів.

*Емпіричні методи дослідження:* Для дослідження впливу частоти стимулів на категоріальні рішення було розроблено дві психофізичних експерименти у середовищі PsychoPy, у яких змінювалася частота синіх та фіолетових стимулів, що дозволяло оцінити динаміку класифікації в залежності від їх поширеності.

- Перший експеримент не передбачав наявність зворотного зв'язку, де учасникам пропонувалися варіанти синіх та фіолетових стимулів з різною

частотою їх подання. Метою було дослідити, як змінюється процес класифікації стимулів без фідбеку в умовах змінної частоти.

- Другий експеримент включав зворотний зв'язок після кожного рішення (правильне/неправильне), що дозволяло вивчити, як адаптується процес класифікації стимулів в умовах зміни частоти стимулів та наявності фідбеку. Цей експеримент дозволив оцінити, як зміна статистичних властивостей стимулів (частота) впливає на точність класифікації за умов зворотного зв'язку.

*Математико-статистичні методи обробки даних:*

- Описова статистика: для характеристик вибірок використано описову статистику, зокрема для аналізу таких показників, як варіація віку та статі, що дозволяє описати демографічні та індивідуальні відмінності в вибірках.
- Багаторівневий регресійний аналіз (GLMM): використано для аналізу впливу частоти фіолетових стимулів на ймовірність класифікації стимулів як сині, з урахуванням індивідуальних відмінностей учасників. Цей підхід дозволяє враховувати варіації в даних на рівні учасників та на рівні стимулів.
- Байєсівські моделі (brms): застосовано для перевірки гіпотез щодо того, як зміна частоти стимулів та наявність зворотного зв'язку впливають на стратегії ухвалення рішень респондентами.

Для побудови та оцінки моделей використано програмне забезпечення R (версія 4.3.2).

**Дослідницьки вибірки.** Дослідження проводилось за допомогою спеціально розробленого вебсайту, що дозволяло дистанційно отримати частину даних та провести попередній відбір учасників. Усього в дослідженні прийняло участь 57 учасників, які добровільно погодились на участь у експерименті. Всі учасники

мали нормальний або виправлений зір, не мали серйозних психічних розладів і не приймали психотропних препаратів під час проведення експерименту. Інформація про експеримент поширювалася через соціальні мережі, електронну пошту та шляхом особистої комунікації. Для участі кожен респондент переходив за унікальним посиланням на вебсторінку експерименту. Анонімність даних забезпечувалася автоматичним присвоєнням кодів учасникам.

Групи експериментів:

- Група 1 (27 учасників): учасники першого експерименту, що не мали зворотного зв'язку (без фідбеку) були представлені 12 чоловіками та 15 жінками. Двох учасників чоловіків було виключено з подальшого аналізу через нетипову, вкрай консервативну стратегію категоризації. У фінальну вибірку увійшли 25 учасників (10 чоловіків і 15 жінок) віком від 20 до 47 років.
- Група 2 (30 учасників): учасники другого експерименту, де застосовувався зворотний зв'язок (правильне/неправильне) були представлені 10 чоловіками та 20 жінками віком від 20 до 38 років.

**Наукова новизна** одержаних результатів дослідження полягає в тому, що:

- Розширено уявлення про механізми зміни концепції перцептивного судження під впливом контекстуальних характеристик середовища, зокрема поширеності цільових стимулів та наявності/відсутності зворотного зв'язку.
- Уточнено вплив контекстуальної частотності стимулів: експериментально показано, що зменшення частоти цільових стимулів без надання фідбеку веде до розширення категоріальних меж (компенсаторний ефект), тоді як за наявності фідбеку — до їх звуження (консервативний ефект).

- Доповнено сучасні когнітивні моделі адаптивного судження а також концепції адаптивного критерію новими емпіричними даними про роль фідбеку як модератора змін категоріального судження.
- Набуло подальшого розвитку положення про вплив суб'єктивного досвіду поширеності стимулів на регуляцію критерію прийняття рішень у завданнях перцептивної категоризації.

### **Практичне значення одержаних результатів:**

- Адаптація методів психологічної діагностики та інтервенцій: Розуміння того, як контекстуальні характеристики середовища впливають на перцептивне судження, може допомогти в розробці більш ефективних методик оцінки когнітивних функцій, зокрема в умовах невизначеності чи стресу. Це дає можливість коригувати критерії оцінки у ситуаціях, де необхідно враховувати частоту або доступність певних стимулів для прийняття рішень.
- Оптимізація психотерапевтичних підходів: Результати дослідження можуть бути застосовані для покращення психотерапевтичних стратегій, спрямованих на зміну когнітивних схем, таких як в когнітивно-поведінковій терапії. Наприклад, знання про те, як зворотний зв'язок і поширеність стимулів можуть змінювати сприйняття і категоризацію ситуацій, дозволяє підлаштувати терапевтичні стратегії.
- Розробка нейропсихологічних тренувальних програм: Оскільки вплив контекстуальних характеристик може змінювати критерію прийняття рішень, ці знання можуть бути використані для розробки програм для тренування когнітивних функцій у пацієнтів з порушеннями, такими як когнітивні дефіцити після травм головного мозку, або у пацієнтів з психічними розладами, де контекстуальні фактори можуть погіршувати процеси судження.

**Достовірність і обґрунтованість наукових результатів** забезпечено чітким визначенням припущень, гіпотез та обмежень, прийнятих за основу під час формулювання мети, завдань і вибору методології дослідження. Враховано сучасні підходи до вивчення когнітивних процесів винесення судження в умовах контекстуальних та статистичних змін середовища. Дизайн дослідження був адаптований до особливостей вибірки, але зберіг принципову структуру оригінальних досліджень. Для аналізу даних використано узагальнені лінійні змішані моделі (GLMM) та байєсівські ієрархічні моделі (BRMS), що дозволяє враховувати як фіксовані ефекти незалежних змінних, так і випадкові ефекти, пов'язані з міжіндивідуальною варіативністю. Такий підхід забезпечує високу обґрунтованість інтерпретацій на індивідуальному та груповому рівнях. Поєднання теоретичного аналізу із чітко структурованими емпіричними даними забезпечило логічну цілісність дослідження, обґрунтованість висновків і їхню релевантність для нейропсихологічної практики та подальших досліджень у галузі когнітивної науки.

**Структура та обсяг роботи:** Дипломна робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків до кожного розділу, загальних висновків, списку використаних джерел, що налічує 80 найменування, з них – 75 іноземною мовою. Основний зміст викладено на 71 сторінці комп'ютерного набору. Повний обсяг роботи становить 83 сторінки.

## РОЗДІЛ 1

### ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КОНТЕКСТУАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СЕРЕДОВИЩА НА ЗМІНУ КОНЦЕПЦІЇ ПЕРЦЕПТИВНОГО СУДЖЕННЯ

#### 1.1. Перцептивне судження як гнучка інтеграція сенсорних даних і когнітивних очікувань у контексті середовища

Перцептивне судження є основною формою когнітивної діяльності, через яку людина інтерпретує навколишній світ, обробляючи сенсорну інформацію (Khan & Khan, 2022). Це судження включає не лише процеси сприйняття, але й ухвалення рішень на основі цих сприймань, часто в умовах невизначеності або недостатньої інформації. Механізми перцептивного судження тісно пов'язані з обробкою сенсорних сигналів, когнітивними стратегіями та адаптивними змінами концепцій у відповідь на контекстуальні особливості стимулів у середовищі. Цей процес не є прямим відображенням об'єктивної реальності; натомість мозок здійснює активне конструювання перцептивного досвіду (Hsu, 2021; Friston, 2010). За теорією передбачувального кодування (Friston, 2010), сенсорні входи постійно порівнюються із прогнозами, згенерованими вищими когнітивними рівнями. Відповідно, перцептивне судження виникає внаслідок мінімізації різниці між очікуваним і реальним сенсорним сигналом, що забезпечує ефективність обробки в умовах обмежених ресурсів і шумності середовища.

Формування перцептивного судження не відбувається у вакуумі. Воно завжди опосередковане внутрішньою "нейтральною точкою", відносно якої інтерпретуються всі вхідні сенсорні сигнали. Це положення нейтральної точки, або адаптаційного рівня (*adaptation level*), вперше докладно описав Nelson (1948) у своїй теорії адаптації. Він показав, що будь-яка оцінка — яскравості,

гучності, розміру чи інших властивостей — здійснюється не за абсолютною шкалою, а відносно середнього або типовішого значення, яке сформувалось у попередньому досвіді. Таким чином, у спостерігача, який протягом певного часу спостерігає лише яскраві стимули, поступово підвищується "норма" яскравості, й менш яскраві об'єкти починають сприйматися як тьмяні. Цей принцип є універсальним і застосовується до найрізноманітніших сенсорних доменів.

Більшість рішень у повсякденному житті ухвалюється в умовах невизначеності, коли інформація є неповною, неоднозначною або змінною. За таких обставин процес оцінки варіантів ускладнюється і потребує специфічних когнітивних механізмів (Канеман, Словик & Тверський, 2005; Полунін, 2010). Люди в таких ситуаціях орієнтуються на знайомість, компетентність або уявну впевненість, а не на точні ймовірності (Канеман, Словик & Тверський, 2005; Goodie & Young, 2007; Heath & Tversky, 1991). Коли ймовірності нечіткі, люди схильні уникати невизначених варіантів, переважно обираючи варіанти з "відомими" ймовірностями. Проте, якщо ситуація передбачає особисту експертизу, перевага зміщується до власних оцінок, навіть якщо вони об'єктивно менш точні (Heath & Tversky, 1991). Деякі дослідження показують, що надмірна впевненість зникає, коли питання вибираються випадковим чином (Moore & Healy, 2008), що підкреслює важливість структури тесту в оцінці власної впевненості.

У Теорії виявлення сигналу (Wallsten, 2024) судження визначається через два основні елементи: чутливість ( $d'$ ) і критерії ухвалення рішення ( $\beta$ ). Чутливість описує, наскільки добре людина може розрізнити сигнал на фоні шуму, тобто здатність правильно класифікувати події (правильне виявлення та правильне відкидання) або помилково сприймати шум як сигнал (хибне сприйняття). Критерії ухвалення рішення ( $\beta$ ) визначають, коли саме людина приймає рішення

про наявність сигналу чи його відсутність. Зміна цього критерію може залежати від умов завдання, наприклад, від того, наскільки важливою є точність рішення чи наскільки допустимі помилки. Тобто, судження в цій моделі передбачає постійне оцінювання ймовірності сигналу та шуму, і в залежності від порогу ( $\beta$ ), людина або приймає, або відкидає сигнал.

Моделі накопичення доказів, як Drift Diffusion Model (Myers et al., 2022), описують судження як процес поступового накопичення доказів до досягнення певного порогу, після якого приймається рішення. У цьому процесі судження збудовується на основі двох ключових параметрів: швидкості накопичення доказів (drift rate) і рівня невизначеності (diffusion variance). Швидкість накопичення доказів визначає, як швидко інформація перетворюється на впевненість у правильності рішення. Якщо доказів більше (наприклад, сигнал чіткий і ясний), накопичення відбувається швидше, і рішення ухвалюється раніше. Невизначеність же відображає ступінь розмитості або суперечливості даних, що може уповільнити цей процес і зробити рішення менш впевненим. Поріг рішення (decision threshold) в цій моделі вказує, коли достатньо доказів для ухвалення рішення, і він може змінюватися в залежності від стратегії або умов завдання. Це означає, що в умовах високої невизначеності або важливості точності рішення, поріг може бути встановлений вищим, що означатиме необхідність більшої кількості доказів для прийняття рішення.

Очікування і базові ставки є важливими механізмами, що формують перцептивне судження, оскільки вони визначають, як наш мозок інтегрує нову інформацію і приймає рішення на основі попереднього досвіду та апріорних знань (Koehler, 1996; Kruschke, 1996). Це явище глибоко вкорінене в когнітивних процесах, де мозок створює моделі світу, щоб формувати очікування про майбутні події. Ці моделі базуються на попередньому досвіді,

тому вони дозволяють передбачати ймовірність того чи іншого результату, що в свою чергу допомагає в ухваленні рішень в умовах невизначеності.

Байєсівські моделі (Бідюк, Тимошук, Коваленко & Коршевнік, 2022; Griffiths, Kemp & Tenenbaum, 2008; Rescorla, 2021), зокрема модель комбінування базових ставок і сенсорних спостережень, наочно демонструють, як попередні очікування допомагають знижувати невизначеність та покращувати точність судження. Згідно з теоремою Байєса, апостеріорна ймовірність події визначається як поєднання апіорної ймовірності (попередньої оцінки) і нових сенсорних даних, тобто ймовірності, яку ми отримуємо на основі нових спостережень (Rescorla, 2021). Коли базові ставки правильні, цей процес дозволяє зменшити невизначеність і дозволяє мозку швидше і точніше реагувати на події.

У разі, коли базові ставки (тобто початкові припущення або очікування) оцінені неправильно, це може призвести до систематичних помилок у процесі ухвалення рішень. Однією з таких помилок є ігнорування базової частоти подій (Pennycook, Newton & Thompson, 2022). Коли люди не враховують базову частоту події, вони часто роблять помилкові висновки про ймовірності результатів. Це може призвести до того, що люди оцінюють ймовірність деякої події надто високою, не зважаючи на статистичні дані про її реальну частоту у популяції. Наприклад, люди часто перебільшують ймовірність того, що певна подія відбудеться, якщо вона є яскраво вираженою або схожою на деякий часто повторюваний випадок, не враховуючи, що її реальна частота може бути набагато нижчою, ніж це здається на основі спостережень (Fennell & Baddeley, 2012).

Koehler (1996) аналізує дослідження, які стосуються ігнорування базових ставок, і їх роль при ухваленні рішень. Ступінь врахування базових ставок при винесенні судження залежить від структури завдання та його представлення.

Зокрема, такі фактори, як внутрішньопредметні характеристики, безпосередній досвід, завдання з частотними даними, чітко визначені варіанти вибору та випадкові вибірки, сприяють використанню цих базових ставок. Howe та ін. (2023) виявили, що більшість учасників схильні нехтувати базовими ставками, але роблять це менше, коли ці ставки подані явно. Це підтверджує важливість контексту в тому, як інформація подається, оскільки явно представлені базові ставки можуть значно зменшити ймовірність ігнорування статистичних даних.

Інше дослідження (Ashinoff et al., 2022) показало, що люди більше покладаються на нещодавні докази, особливо ті, що суперечать їхнім попереднім переконанням, що свідчить про динамічний характер оновлення переконань. Це також демонструє, як постійно оновлюються та коригуються наші оцінки ймовірностей і переконань, залежно від нових доказів, що з'являються в процесі ухвалення рішень. Важливо зазначити, що такі оновлення можуть бути більш значущими, коли суперечать нашим існуючим переконанням, оскільки ми схильні більше реагувати на інформацію, яка порушує наші попередні уявлення.

Ці механізми показують, як важливо правильно використовувати як попередні очікування, так і нові сенсорні дані для формування точних суджень. Коли цей процес порушується через неправильну оцінку базових ставок або ігнорування статистичних даних, це може призвести до серйозних помилок у розумінні ймовірностей та у прийнятті рішень.

Ще одним із прикладів взаємодії судження з контекстом є вибір між об'єктами, що розрізняються за впізнаваністю (Goldstein & Gigerenzer, 2002; Rachur et al., 2011). Наприклад, коли людину просять оцінити, яке з двох міст має більше населення — Баштанка (Миколаївська область) чи Генічеськ (Херсонська область), — вона звертається до внутрішніх підказок (cues), які зберігаються у пам'яті. У випадку, коли одне місто впізнається, а інше — ні,

перевага надається впізаному. Якщо жодне з міст не розпізнається, особа, що приймає рішення, здійснює вибір шляхом припущення. Якщо ж обидва міста є впізнаваними, процес оцінювання триває: розглядається підказка з найвищим прогностичним потенціалом. Якщо лише одне з цих міст демонструє відповідність цій підказці, саме воно вважається більшим. У випадку, коли жодне з міст не активує дану підказку, пошук продовжується до наступного за значущістю. Це узгоджується з евристичною стратегією «бери найкраще» («Take The Best»), яку досліджував Gigerenzer (2007). Стратегія базується на мінімальному числі оброблюваних підказок і демонструє, що судження, збудоване на частковій інформації, може бути навіть ефективнішим за лінійну регресійну модель (яка враховує всі індикатори одночасно й математично їх зважує) — за умови, що підказки високої валідності трапляються першими (Бідюк, Тимощук, Коваленко & Коршевніук, 2022; Gigerenzer & Goldstein, 1996). Ефективність такої стратегії, однак, є контекстуально-залежною і значною мірою обумовлена поширеністю релевантних підказок у середовищі (Pachur et al., 2011).

Окрім того, що люди здатні розпізнавати інтенсивність, розмір і кількість фізичних об'єктів, що впливає на винесення судження, вони також мають уявлення про ці характеристики, виражені через квантори — лінгвістичні вирази для точних або приблизних величин (наприклад, чверть, пара), груп та множин (наприклад, кілька, багато) та їх співвідношень (більша частка, менше чверті, понад половину) (Steinert-Threlkeld, 2021). Зміна контексту визначає ступінь, до якого відноситься певний квантор, у порядку рангів (Heim, Peiseler & Vekemeier 2020). Квантори — як-от "деякі", "багато", "майже всі" — не мають фіксованих кількісних відповідників. Їхнє значення зумовлюється досвідом, очікуваннями та частотою появи подій. Якщо учасника досвіду систематично підкріплювати відповідями, де 40% позначається як «багато», його концепція

поняття «багато» зміщується. І що цікаво — це зміщення впливає не лише на поточну категорію, а й на її полярну протилежність, змінюючи і межі для понять «мало» чи «деякі». Така симетрична адаптація свідчить про динамічну гнучкість семантичної системи та підтримується активацією лівої нижньої лобової кори, зокрема зони Брока (Heim et al., 2020).

Важливо підкреслити, що локальні контекстуальні маніпуляції — такі як додавання нової опції в множину вибору — також здатні змінити структуру судження. Ефект асиметричного домінування, виявлений Huber, Payne та Puto (1982), демонструє, що при ухваленні рішення між двома опціями — А і В, за умови появи третьої опції - С, яка є асиметрично домінованою: вона поступається В, але не А, відносна перевага В над А зростає. Це є порушенням аксіоми незалежності нерелевантних альтернатив і сигналізує про те, що судження є чутливим до розподілу характеристик у множині вибору. Ряд дослідників запропонували пояснення цього ефекту, припускаючи, що додавання нових альтернатив призводить до змін у ваги та/або корисності атрибутів (Ariely & Wallsten, 1995; Tversky & Simonson, 1993; Wedell & Pettibone, 1996).

Теорія підтримки, запропонована Tversky та Koehler (1994), описує як явні, так і неявні диз'юнктивні ймовірнісні судження. Відповідно до цієї теорії, кожній гіпотезі надається суб'єктивна ймовірність, яка зростає, коли гіпотеза «розпаковується» в більш детальні диз'юнкції. Наприклад, якщо запитати людей про ймовірність того, що випадкова людина з популяції загине внаслідок нещасного випадку, то відповідь виявляється меншою за суму ймовірностей окремих типів нещасних випадків, таких як автомобільні аварії, авіакатастрофи, пожежі, утоплення та інші нещасні випадки. Ефект «розпакування» пояснюється тим, що деталізовані гіпотези активують більше ментальних репрезентацій, збільшуючи їх когнітивну «вагу». Теорія також описує, як

змінювана кількість або доступність гіпотез впливає на судження: нові варіанти перерозподіляють підтримку між існуючими. Теорія підтримки пояснює помилки кон'юнкції, процес генерування гіпотез, прийняття рішень за умов невизначеності та помилки дерева рішень (Russo & Kolzow, 1994), де вибір гілки залежить не тільки від очікуваної корисності, а й від того, наскільки представлена подія викликає суб'єктивну підтримку. Зокрема, неструктуровані або слабо визначені події недооцінюються, тоді як розгорнуті, конкретні сценарії — переоцінюються. В експериментальному контексті, це означає, що судження про ймовірність класифікації стимулу може залежати не лише від самого стимулу, а й від того, скільки аналогічних або схожих стимулів було раніше представлено, і в якому діапазоні варіювали ці стимули.

Переваги при ухваленні вибору можуть змінюватися в залежності від типу завдання. Дослідження показують, що одна й та сама особа може віддати перевагу різним альтернативам в залежності від того, чи вона їх вибирає, чи оцінює (Ordóñez et al., 1995). Наприклад, дві азартні гри, що мають однакову очікувану вартість, але різну дисперсію (варіативність), можуть бути оцінені по-різному: в одному завданні, що зосереджене на ціноутворенні, одна гра може виглядати більш привабливою, а в іншому завданні, де йдеться про вибір, людина може віддати перевагу іншій грі. Така зміна переваг між завданнями не є помилкою в ухваленні рішення, а свідчить про те, що сам процес ухвалення рішення змінюється в залежності від контексту завдання, адже різні завдання активують різні стратегії обробки інформації.

Існує кілька теорій, які намагаються пояснити це явище. Одна з них — гіпотеза сумісності, яка стверджує, що атрибути, що найбільше відповідають формату завдання (наприклад, грошова вартість в завданні оцінювання), отримують більшу вагу під час ухвалення рішення (Tversky, Sattath & Slovic, 1988). Інша інтерпретація — теорія зміни процесу, яка припускає, що зміни в

перевагах не є результатом переоцінки самих варіантів, а зумовлені зміною стратегій обробки інформації, які залежать від типу завдання. Ці теорії отримали підтримку в емпіричних дослідженнях. Вони показують, що судження змінюються в залежності від структури вибору та того, як саме люди реагують на завдання (Mellers et al., 1992a).

Подальші дослідження уточнили, які саме механізми викликають ці зміни в перевагах. Наприклад, Nowlis та Simonson (1997) вказують на те, що атрибути, які можна порівнювати між варіантами (наприклад, ціна), мають більший вплив на вибір, ніж ті, що не піддаються прямому порівнянню (наприклад, бренд). Вони показали, що порівнювані атрибути значно більше впливають на ухвалення рішення в завданнях вибору, ніж на процес оцінки.

На цьому тлі постає питання про вагу атрибутів і те, як вона змінюється в залежності від контексту. Коли зменшується діапазон значень атрибутів, вага цих атрибутів має збільшуватись, щоб її внесок у судження залишався стабільним (Parducci, 1965). Дослідження показують, що прямі оцінки ваг не завжди демонструють достатню чутливість до змін діапазону, тоді як порівняльні методи — зокрема агрегування рангів чи центроїдні ваги — демонструють кращу адаптивність (Hatefi, 2023; Fischer, 1995). Це пов'язано з тим, що такі методи не покладаються на абсолютні значення оцінок, а відображають відносні переваги, які автоматично враховують контекст і розподіл альтернатив. Ці спостереження підтверджуються численними емпіричними дослідженнями. Наприклад, Katsikopoulos & Fasolo (2006) показали, що метод Rank Order Centroid (ROC) дає наближені до оптимальних результати при значно меншій когнітивній складності. Схожі висновки наводяться також у роботах Ahn (2017) а також Røyhönen та Hämmäläinen (2001), де порівнювались прямі та непрямі методи призначення ваг у контексті багатокритеріального прийняття рішень. Механізми оцінки ваг — як і саме

судження — не є жорстко фіксованими, а постійно модулюються частотними характеристиками стимулів. Глобальний контекст — як-от діапазон представлених значень — визначає, наскільки контрастними здаються атрибути. У вузькому діапазоні навіть незначна різниця буде сприйматись як суттєва, тоді як у широкому — ні. Це явище узгоджується як із теорією обґрунтованості вибору Tversky та Simonson (1992), так і з теорією діапазону-частоти Parducci (1965), в якій ваговий параметр ( $w$ ) визначає, наскільки судження ґрунтується на крайніх значеннях (діапазоні) чи на частоті стимулів. Висока вага означає орієнтацію на межі діапазону, низька — на частіші значення.

## **1.2. Вплив частоти стимулів і зовнішнього фідбеку на зміну категоріальних меж у процесі перцептивної класифікації**

Теорія діапазону частот (Parducci, 1995) пояснює, як суб'єктивні оцінки стимулів залежать від двох основних параметрів: діапазону значень стимулів і їх частоти появи в контексті. Згідно з цією теорією, межі категоріальних суджень не є фіксованими, а формуються на основі мінімальних та максимальних значень стимулів, які спостерігаються в поточному контексті. Коли частота появи певних стимулів зменшується, їх суб'єктивна інтенсивність зростає, і цей стимул набуває властивостей рідкісної категорії.

Підтвердження цієї теорії яскраво проявляється через зміни в концепціях судження, що виникають внаслідок впливу поширеності (prevalence-induced concept change - PICC), яку досліджували Levari та ін. (2018, 2022). Як зазначають автори, PICC можна описати як динамічний процес, в якому зміни в розподілі стимулів можуть привести до корекції самих категоріальних меж. Це означає, що коли поширеність певного стимулу зменшується, спостерігачі можуть змінити свої критерії для визначення того, що відноситься до цієї категорії. Тобто, хоча сам стимул не змінюється в своєму сприйнятті, категорії,

до яких він належить, можуть ставати більш гнучкими. Наприклад, в експерименті Levari та ін. (2018), де досліджувалася класифікація кольорів, коли частота синіх стимулів зменшувалась, спостерігачі починали класифікувати як сині ті стимули, які в умовах рівнопропорційного розподілу двох категорій вважалися фіолетовими. Це свідчить про те, що концепція «синього» стає менш жорстко визначеною і більш адаптованою до змін у навколишньому середовищі.

Ідея про зміну концепції судження спричинена поширеністю (PCCI) та її вплив на категоріальні межі розширює наше розуміння того, як мозок обробляє інформацію та адаптується до нових контекстів. Як показують інші експерименти Levari та ін. (2018), цей ефект можна спостерігати не лише в сенсорних системах, але й у когнітивних механізмах, де адаптація до нової інформації може змінювати навіть самі поняття, що використовуються для класифікації стимулів. Порівняння стимулів з нещодавніми спостереженнями дає змогу адаптувати межі категорій до змін у розподілі стимулів. Тому в умовах, коли стимулів певного типу стає менше, межі категорії можуть розширюватися, включаючи більше характеристик, що дозволяє адаптуватися до нових умов.

Ці динамічні зміни меж категорій можна проаналізувати як результат інтегрованої роботи сенсорних систем разом із когнітивними механізмами, що базуються на байєсівських висновках (L Griffiths, Kemp & Tenenbaum, 2008). Важливо розуміти, що цей процес не є лише механічним, а передбачає активне коригування когнітивних меж і категорій у відповідь на зміни в зовнішньому середовищі. Це є критично важливим для поведінкової адаптації в реальному житті, коли контекст та частота появи стимулів можуть змінюватися швидко, і мозок має здатність адаптуватися до нових умов для ефективного прийняття рішень.

Слід звернути увагу на динаміку судження у випадках, коли результати рішень відкладаються в часі. Люди часто демонструють гіперболічне дисконтування, при якому короткострокові вигоди переважають довгострокові (Witt & Macaskill, 2022). Однак навіть ці переваги можуть змінюватися, якщо змінюється контекст подання варіантів: наприклад, послідовності зростання або зниження вигід змінюють ставлення до часової затримки. Це демонструє, що судження — навіть щодо відстрочених наслідків — є функцією того, як часто і в якому порядку ці наслідки трапляються (Enke, Graeber & Oprea, 2025). Тобто, навіть у випадках, коли рішення стосуються відстрочених наслідків, їх сприйняття та оцінка залежать від того, як часто ці наслідки трапляються та в якому порядку вони подаються. Це узгоджується з розумінням адаптації до змін у частоті стимулів та змін у самих категоріях судження, яке спостерігається в рамках РССІ.

Застосування цих концепцій у розумінні механізмів пізнання та класифікації дозволяє зрозуміти, як зміни в частоті стимулів можуть спричинити зміни в самих поняттях, за допомогою яких ми їх класифікуємо, та чому ці зміни мають велике значення для нашої здатності адаптуватися до різних ситуацій.

Класична «проблема таксі», запропонована Birnbaum (1983), добре ілюструє важливість контексту для класифікації та оцінки стимулів. У своїй роботі автор аналізує, як на сприйняття людей може впливати частота певних кольорів таксі в конкретному середовищі. У цьому випадку, коли свідки ДТП оцінюють колір таксі, яке потрапило в аварію, вони враховують базові ставки частоти різних кольорів автомобілів у середовищі. Якщо в місті більшість таксі жовті, свідки можуть бути схильні класифікувати будь-яке таксі як жовте, навіть якщо насправді воно було іншого кольору. Точне зважування таких свідчень передбачає адаптацію категорій до контексту — саме так і

відбувається в ситуаціях, коли поширеність стимулів змінюється, і мозок коригує свою оцінку стимулів в залежності від їх частоти (Wolfe et al., 2013; Levari et al., 2018; Lyu et al., 2021). Проблема таксі демонструє, як знання про частоту певних подій (в даному випадку кольору автомобілів) допомагає більш точно оцінити спостереження, що також застосовне до класифікації стимулів у завданнях на основі сприйняття та категоризації.

Kruschke (1996) вивчає роль базових ставок у завданнях на запам'ятовування категорій. Він зазначає, що коли учасники отримують зворотний зв'язок, вони швидко вивчають базові ставки. Найбільш поширені категорії кодуються першими, тоді як рідкісні — пізніше. В результаті, люди запам'ятовують типові ознаки поширених категорій і незвичні ознаки рідкісних категорій. Ця теорія передбачає ігнорування базової частоти (Gluck & Bower, 1988) та зворотний ефект базової частоти, коли люди оцінюють події з високою базовою частотою як менш ймовірні, ніж події з низькою базовою частотою (Ashinoff et al., 2022; Fennell & Baddeley, 2012).

Цікаво, що зворотний зв'язок при зміні частоти зустрічаємості стимулу може викликати ефект, який є функціональною протилежністю РІСС (Lyu et al., 2021). У той час як РІСС характеризується розширенням категоріальних меж за умов низької поширеності стимулу і відсутності зовнішньої інформації про помилковість рішень, цей ефект, який можна умовно позначити як ефект низької поширеності (low-prevalence effect - LPE), полягає в тому, що за умов рідкісної появи стимулу й постійного зворотного зв'язку спостерігачі поступово знижують готовність класифікувати об'єкт як такий, що належить до цієї рідкісної категорії. Іншими словами, зворотний зв'язок коригує внутрішній критерій рішень так, щоб уникати хибнопозитивних відповідей. Це веде до звуження меж цільової категорії, тобто протилежного до РІСС ефекту.

Такий напрям змін свідчить про активне навчання категоріальних меж через інструментальний механізм з підкріпленням: учасник виявляє, що розширене використання цільової категорії веде до зворотного сигналу про помилку, що підштовхує до перегляду категоріального критерію. У контексті теорій обробки сигналу, це можна інтерпретувати як зміну критерію в напрямку зменшення ймовірності помилок другого роду (false positives) (Han & Dobbins 2009).

Луу та ін. (2021) у серії експериментів демонструють, що ефект РІСС чітко проявляється лише в умовах, де зворотний зв'язок відсутній. Коли учасники отримують регулярний зворотний зв'язок про правильність відповідей, це не запобігає змінам у судженнях, але модулює їхній характер: замість розширення категоріальних меж, характерного для умов без фідбеку, відбувається поступове зміщення критерію у бік меншої схильності ідентифікувати стимули як представників рідкісної категорії. Це підкреслює важливу роль зовнішньої інформації у регулюванні процесу прийняття категоріальних рішень.

### **1.3. Нейрокогнітивні основи адаптивної перебудови суджень у змінних середовищах**

Як вже зазначалось, частота стимулів суттєво впливає на суб'єктивні оцінки, які дають спостерігачі. В дослідженні Levagi та ін. (2018) показали, що зміни в поширеності частоти стимулів не обмежуються впливом лише на сенсорні судження, а й визначає зміну меж категоризацій й для більш складних модальностей, пов'язаних з людськими емоціями, виразами обличчя та моральними оцінками. Це свідчить про те, що адаптивність людського сприйняття є універсальним механізмом, який поширюється не лише на базові сенсорні оцінки, але й на більш високі рівні когнітивної обробки, де статистичні

властивості навколишнього середовища відіграють ключову роль у формуванні суджень та рішень.

Феномен РІСС можна розглядати як когнітивно-перцептивну динаміку, в ході якої зниження частоти появи певного стимулу стимулює розширення категоріальних меж. З точки зору нейропсихології, це можна класифікувати як адаптивну реакцію, спрямовану на підтримку високої чутливості до рідкісних, але потенційно важливих ознак навколишнього середовища, навіть якщо ці ознаки не відповідають типовим характеристикам даної категорії.

Процес суб'єктивного коригування сприйняття на основі змін у поширеності стимулів безпосередньо пов'язаний із загальними принципами адаптивного сенсорного кодування (Barlow, 1961). Сенсорні системи мозку, зокрема зорові, слухові та соматосенсорні, постійно адаптуються до статистичних особливостей навколишнього середовища. Згідно з класичною концепцією адаптивного кодування (Kohn, 2007), нейрони оптимізують свою відповідь в умовах обмежених ресурсів, змінюючи пороги активації та діапазон відповідей залежно від розподілу вхідних стимулів. У первинній зоровій корі (V1) зазвичай спостерігається явище зниження відповіді на часті стимули та посилення реакцій на рідкісні, що відображає принцип компресії й акцентуації менш поширених ознак (Solomon & Kohn, 2014). Деякі дослідження демонструють подібні адаптивні зміни і в інших зорових структурах, таких як нейрони середньої темпоральної зони (MT), які відповідають за обробку руху (Wark et al., 2007; Jin & Glickfeld, 2020). З одного боку, адаптивне кодування дозволяє мозку зберегти дискримінаційну здатність навіть при низькій поширеності певного стимулу; з іншого – зниження частоти появи стимулу змушує систему знижувати поріг його розпізнавання, що веде до розширення категорії і включення до неї менш характерних елементів.

Одночасно, серійні ефекти, що виникають як результат впливу попередніх стимулів або ухвалених рішень, є додатковим чинником, що формує суб'єктивні оцінки. Ці ефекти можуть бути пояснені як перцептивною адаптацією, так і впливом встановлених когнітивних очікувань. Дослідження Hsu та ін. (2021) а також Huang (2018) демонструють, що при послідовному поданні подібних стимулів активність первинних зорових зон, таких як V1 та V4, знижується через явище повторного гальмування (repetition suppression). Одночасно фронтальні ділянки мозку, зокрема dorsolateral prefrontal cortex (dLPFC) та medial prefrontal cortex (mPFC), беруть участь у формуванні шаблонів очікувань, що впливають на подальші оцінки стимулів (Hsu et al., 2021; Благодир, 2016; Шиделко, 2025). Такий ефект посилює загальну тенденцію до зміни концепції, спричиненої поширеністю, і свідчить про те, що сприйняття виступає не ізольованим процесом, а знаходиться під впливом попередніх досвідів та історичних зразків стимулювання.

Дослідження Rhodes та Leopold (2011) продемонстрували, що перегляд фотографій з неприродно розширеними обличчями викликає тимчасове спотворення сприйняття, внаслідок чого нормальні обличчя здаються занадто вузькими. Подібні адаптаційні ефекти виявлено і для інших модальностей, таких як колір, рух та просторова орієнтація (Webster, 2015; Mather et al., 2008). Вони свідчать про те, що нейронна система прагне зменшити чутливість до нещодавно активованих характеристик, водночас підвищуючи контрастність нових стимулів у перцептивному просторі.

Проте існують і протилежні феномени, так звані позитивні ефекти серійної залежності або ефекти привабливості (Fornaciai & Park, 2018), які демонструють схильність суб'єкта узгоджувати поточні сприйняття з нещодавнім досвідом, а не відштовхуватись від нього. Це вказує на складну і багаторівневу взаємодію механізмів адаптації: у залежності від контексту і

тривалості стимуляції можуть переважати або репульсивні (адаптаційні), або атрактивні (стабілізуючі) ефекти.

Одна з провідних теорій, що пояснює цю динаміку, — концепція нормалізації (Carandini & Heeger, 2012). Вона описує універсальний механізм, за якого відповідь окремого нейрона масштабується відносно сумарної активності популяції нейронів із подібною налаштуванням. Завдяки цьому зберігається чутливість до різниць між стимулами без перенавантаження системи надмірною активацією. Автори показали, що нормалізація є базовим обчислювальним принципом у багатьох сенсорних системах і сприяє регулюванню балансу між частими та рідкісними подіями.

У контексті зміни концепції, спричиненій поширеністю (PICC) цей механізм набуває особливої важливості. Нормалізація, реалізована в зорових зонах кори, таких як V1, V4 та MT (Roe et al., 2012; Zaharia et al., 2019), дозволяє послаблювати відповіді на часті стимули, одночасно підсилюючи реакції на рідкісні. Це сприяє тому, що при зменшенні частоти певної категорії її відносна вага в нейронному представленні зростає. Внаслідок цього навіть помірно-фіолетові стимули можуть активувати канали, чутливі до синього (Levari et al., 2018), що призводить до систематичного зміщення категоріальних меж у напрямку рідкісної категорії. Іншими словами, нейронна система не просто кодує фізичні властивості стимулів, а адаптує репрезентації відповідно до їхньої статистичної поширеності.

Таким чином, нормалізація виконує функцію динамічного переналаштування чутливості сенсорної системи відповідно до частоти появи стимулів у середовищі. Це забезпечує гнучкість класифікації за умов змінного контексту та пояснює, яким чином на рівні нейронної обробки реалізується зміну концепції, спричинену поширеністю — систематичне розширення або

звуження категорій у залежності від статистичної структури вхідного потоку інформації.

Адаптація критеріїв класифікації стимулів формується не лише когнітивними процесами, а й через складну взаємодію нейрофізіологічних і нейрофармакологічних механізмів. Одним із ключових компонентів регуляції перцептивної чутливості є GABAergic система, в якій гамма-аміномасляна кислота (GABA) виконує роль головного інгібіторного нейромедіатора. Підвищення її активності сприяє пригніченню відповідей нейронів на часто повторювані або контекстуально незначущі стимули, тим самим посилюючи селективну увагу до рідкісних чи нових ознак (Koh et al., 2023). Цей механізм відіграє ключову роль у сенсорній адаптації, дозволяючи системі підтримувати чутливість до змін статистичних характеристик середовища.

Водночас фармакологічне модулювання GABAergic активності, зокрема під впливом бензодіазепінів, може призводити до зниження дискримінативної здатності нейронної системи (Vinkers et al., 2011). Це виражається у більш генералізованих відповідях і менш точному розрізненні стимулів, що унеможливорює ефективну корекцію меж категорій у змінному контексті. Таким чином, баланс інгібіторної активності є критичним для підтримки стабільності перцептивної системи при збереженні її адаптивного потенціалу.

На вищому рівні інтеграції адаптація до змін у статистиці стимулів забезпечується дофамінергічною системою, зокрема фронто-стріатними колами. Дофамін бере участь у регулюванні навчання на основі підкріплення, мотиваційної оцінки значущості стимулів і корекції поведінкових стратегій (Шиделко, 2025). Він забезпечує когнітивну гнучкість, необхідну для оновлення правил категоризації відповідно до змін у навколишньому середовищі. Дослідження показують, що зниження дофамінової активності, наприклад при хворобі Паркінсона, пов'язане з меншою здатністю до адаптації категоріальних

меж, тоді як її надмірне підвищення може спричинити надлишкову генералізацію, тобто необґрунтоване розширення категорій, що веде до зниження точності класифікації (Latagliata et al., 2023; Kahnt & Tobler, 2016).

Отже, ефективне формування і переналаштування категоріальних меж забезпечується тонким балансом між гальмівною GABAergic регуляцією сенсорної чутливості та дофамінергічними механізмами когнітивної адаптації. Взаємодія цих систем дозволяє не лише підтримувати стабільність у сприйнятті, але й адаптуватися до нових статистичних структур вхідного сенсорного потоку — що є необхідною умовою для гнучкої перебудови категоріальних рішень у змінному середовищі, як це спостерігається при зміні концепції судження, спричиненій поширеністю стимулу.

Як вже згадувалось в попередньому розділі, додаткову роль у формуванні критеріїв класифікації відіграє наявність зворотного зв'язку, тобто коли учасники експерименту отримують інформації про правильність своїх класифікацій. В умовах відсутності фідбеку, коли частота появи, однієї категорії стимулів знижується, спостерігачі частіше відносять нейтральні або неоднозначні стимули до рідкісної категорії. Водночас, наявність зворотного зв'язку призводить до протилежного ефекту, адже система «перекалібровується» і знижує оцінювання рідкісної категорії, що не просто дозволяє уникнути помилкових висновків, а і може викликати ефект низької поширеності (LPE). На відміну від РІСС, яка ілюструє автономну перебудову концептуальних меж у відповідь на зміну статистичних властивостей середовища, подібно до беззворотного режиму адаптації, LPE, як правило, супроводжується консервативним критерієм прийняття рішень, що призводить до зростання кількості пропущених цілей у разі їх рідкісного представлення (Lyu et al., 2021). Зворотний зв'язок у цьому випадку виконує функцію коректора: у його присутності учасники демонструють більш стабільний LPE,

тоді як без нього ефект значно послаблюється, що свідчить про важливу роль навчальних механізмів і моніторингу помилок.

Ці два ефекти — LPE та PICC — репрезентують різні адаптивні механізми, які, однак, демонструють спільну залежність від загального когнітивного контексту. Їх реалізація передбачає залучення нейронних систем, відповідальних за контроль дії, обробку невизначеності та адаптивне навчання. Відомо, що anterior cingulate cortex (ACC) відіграє ключову роль у виявленні конфліктів та помилок, ініціюючи корекційні процеси (Rolls, 2023). Dorsolateral prefrontal cortex (dLPFC), у свою чергу, забезпечує формулювання і оновлення правил класифікації, що узгоджуються з поточним середовищем (Благодир, 2016; Friedman & Robbins, 2022). Водночас активність у стріатумі свідчить про роль підкріплювального навчання, коли результат впливає на подальше налаштування рішень (Rolls, 2023). ФМРТ-дослідження демонструють, що при зміні частоти стимулів активність лобових ділянок та стріатума адаптується відповідно до нових умов (Amso et al., 2005). З одного боку, dorsal striatum бере участь у встановленні правил категоризації, з іншого – ventral striatum відіграє роль у визначенні емоційної ваги стимулів (Amso et al., 2005; Rolls, 2023). Взаємодія між цими структурами дозволяє системі коригувати свої стратегії прийняття рішень, інтегруючи як сенсорну інформацію, так і попередні досвіди та очікування. Однак, коли зворотного зв'язку немає, ця система може призводити до самопосилення помилкових шаблонів, що ще більше підсилює ефект зміни концепції, спричиненої поширеністю.

Власне, комплексний аналіз підсилює висновок про те, що ефект зміни концепції, спричиненої поширеністю, виникає завдяки багаторівневій інтеграції сенсорних, когнітивних, нейрофармакологічних та обчислювальних процесів. Попри те, що окремі механізми, такі як адаптивне сенсорне кодування, серійні ефекти або нормалізація, можуть самостійно пояснювати окремі аспекти даної

адаптації, лише їх комплексний взаємозв'язок дозволяє отримати повне розуміння процесу. Такий підхід дозволяє адекватно врахувати вплив змін статистичних властивостей зовнішнього середовища на суб'єктивні оцінки стимулів, що має широке застосування у багатьох галузях — від базових досліджень у сфері зору до практичних задач класифікації та прийняття рішень у соціальних і професійних контекстах.

Така інтеграція є яскравим прикладом того, як еволюційно сформовані нейрональні механізми забезпечують адаптивність людини в умовах постійної невизначеності зовнішнього середовища. Водночас, висока чутливість системи до статистичних характеристик подразників свідчить про те, що когнітивні процеси не можна розглядати як ізольовані від біологічних основ, а лише як наслідок складної взаємодії між нейрональною активністю, нейрофармакологічним контролем та обчислювальними алгоритмами в мозку.

Цей багатогранний підхід до дослідження адаптивності когнітивної системи має важливе значення для розуміння як базових процесів сприйняття, так і високорівневих когнітивних функцій, що дозволяє не лише розкрити фундаментальні принципи роботи мозку, але й розробляти нові стратегії для корекції потенційних помилок у судженнях в практичних завданнях. Відтак, інтегрований підхід, який враховує вплив поширеності стимулів на суб'єктивні оцінки, є невід'ємною частиною сучасних досліджень у галузі когнітивної нейронауки, психології сприйняття та обчислювального моделювання.

## **Висновки до розділу 1**

Перший розділ розкриває складну природу перцептивного судження як процесу, що формується внаслідок інтеграції сенсорної обробки, когнітивних очікувань і адаптивних стратегій у змінних контекстах середовища. Було

підкреслено, що перцептивне судження є динамічним процесом поєднання поточних сенсорних даних із накопиченим історичним досвідом.

Було проаналізовано сучасну літературу з когнітивної психології, психофізики, нейронауки і досліджень категоризації, з особливим акцентом на механізми зміни перцептивного судження під впливом контекстуальних факторів середовища, аналіз психофізичних і когнітивних моделей.

Окремо було наголошено на важливості нейрофізіологічних основ адаптивних змін судження. Було розглянуто роль нормалізації активності сенсорних нейронів у корі, механізмів передбачувального кодування і навчання на основі помилки прогнозу як ключових процесів, які забезпечують здатність перцептивної системи швидко реагувати на зміну статистичних властивостей стимулів. Було також висвітлено питання, яким чином зовнішній фідбек може впливати на стабільність або гнучкість категоріальних меж, модулюючи процеси адаптації в залежності від зворотної інформації про правильність суджень.

Таким чином, теоретичний аналіз демонструє, що перцептивне судження є багаторівневою, гнучкою і контекстно-чутливою системою, що поєднує сенсорні, когнітивні та нейрональні процеси, адаптуючись до змін середовища шляхом корекції як концептуальних меж, так і стратегій ухвалення рішень. Ця теоретична база формує підґрунтя для подальшого емпіричного дослідження механізмів когнітивної адаптації в умовах змінної поширеності стимулів і різних режимів зворотного зв'язку.

## РОЗДІЛ 2 ОРГАНІЗАЦІЯ ТА МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕМПІРИЧНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

### 2.1. Вибір та обґрунтування методів дослідження

Загалом, феномени зміни критерій перцептивного судження на основі змінної частоти стимулів можуть бути інтерпретовані як результат динамічного пристосування когнітивної системи до нових умов задачі. Під впливом контексту, який задається частотою стимулів, індивіди схильні змінювати межу між категоріями, тим самим адаптуючи своє судження до змін у середовищі. У випадку РССІ це проявляється в тому, що рідкісні події спонукають учасників частіше класифікувати неоднозначні стимули як ті, що зникають, тоді як у випадку ефекту низької поширеності (LPE) — навпаки, рідкісні стимули класифікуються менш ймовірно, тобто посилюється уникання рідкісної категорії — навіть тоді, коли стимул об'єктивно належить до неї. Таким чином, хоча обидва ефекти передбачають зміну межі категоризації, вони реалізуються через різні механізми: у РССІ — як контекстуальна адаптація без зовнішнього стандарту, а в LPE — як результат навчання. Зворотній зв'язок може, з одного боку, допомагати у підкріпленні стабільності критеріїв, з іншого - мати властивість підсилювати упередження проти рідкісних випадків, тобто до проявів ефекту низької поширеності (LPE).

У цій роботі розглядається, яким чином зміна частоти стимулів у категоріальному завданні із визначенням кольору впливає на судження спостерігачів — зокрема, чи буде змінюватися межа категорій фіолетового і синього залежно від частоти, і чи залежить ця зміна від наявності зворотного зв'язку. З одного боку, за відсутності фідбеку, якщо межа між категоріями є пластичною й адаптується до частоти подій, очікується ефект, подібний до РССІ: у міру зменшення частоти фіолетових стимулів учасники почнуть частіше класифікувати неоднозначні (або навіть сині) стимули як фіолетові. З іншого

боку, якщо учасники отримують зворотний зв'язок щодо правильності своїх рішень, очікується протилежний ефект — LPE. У цьому випадку — навпаки, межа частого класу розширюється, що веде до меншої ймовірності класифікувати колишні фіолетові стимули як фіолетові. Отже, із падінням частоти фіолетових стимулів у сесії зменшується частота відповіді "фіолетовий". Це свідчить, що когнітивна система може або адаптивно зміщувати межу категорії у відповідь на зміну контексту (як у PCCI), або навпаки — пристосовуватись до зовнішніх вказівок (зокрема, фідбеку), коригуючи категоріальні рішення на користь частішого стимулу.

Таке подвійне очікування є концептуально важливим: воно дозволяє розмежувати автоматичне пристосування межі категорії під впливом частоти та більш контрольоване, рефлексивне судження, що базується на зовнішньому фідбеці.

Таким чином, ми виходимо з припущення, що когнітивна система може реалізовувати різні стратегії категоризації залежно від доступних джерел інформації: статистичних (імовірнісне представлення частоти стимулів) чи нормативних (фідбек як індикатор правильної відповіді). Очікувані ефекти будуть мати діагностичне значення для розуміння механізмів адаптивного судження та формування концептуальних меж у категоріальних завданнях.

У межах цього дослідження механізмів категоризації сенсорних стимулів в умовах варіативності їхньої поширеності, вибір методології базується на класичних і сучасних підходах психофізики, експериментальної психології та когнітивних наук. Основною метою є емпіричне вивчення змін у прийнятті категоріальних рішень за умов маніпуляції частотою появи певного типу стимулу, а також вивчення впливу зворотнього зв'язку на стабільність або адаптивність межі категорії в контексті змінної частоти стимулів. Такий підхід вимагає високоточної, контрольованої процедури, що дозволяє спостерігати

судження у відповідь на поступові градації фізичного параметра (у нашому випадку — кольору). Тому вибір психофізичного експерименту як основної методики є логічно обґрунтованим і теоретично вмотивованим.

Психофізичний підхід дозволяє дослідити зв'язок між фізичними властивостями стимулів та їхнім суб'єктивним сприйняттям або категоризацією. В межах мого експерименту використовуються градації кольору на безперервному континуумі між фіолетовим і синім, що створює умови для дослідження зміни порогів категоризації залежно від поширеності стимулів одного типу. Такий дизайн наслідує класичні методи побудови психометричних функцій, а також адаптує сучасні підходи до аналізу бінарних рішень із використанням ієрархічного логістичного моделювання, наприклад, засоби *glmer* та *brms* у R (Bürkner, 2017).

Конкретний вибір методики категоризації кольорів (від фіолетового до синього) базується на попередніх дослідженнях (Levari et al., 2018; Levari, 2022; Lyu et al., 2021; Devine et al., 2020), де подібна шкала використовувалась для моделювання динамічної зміни категоріальних рішень. Градаційна маніпуляція дозволяє отримати тонкі зміни в оцінках при мінімальних фізичних відмінностях між стимулами, що робить цю парадигму чутливою до змін у когнітивній обробці. Іншою ключовою змінною у цьому дослідженні є зворотний зв'язок (feedback). Згідно з роботою Lyu et al. (2021), наявність зворотного зв'язку може модифікувати або навіть пригнічувати ефекти, спричинені варіативністю поширеності.

У структурі дослідження передбачено два експериментальні етапи, які реалізували різні умови когнітивної адаптації до змін поширеності стимулів. У першому експерименті було змодельовано класичний ефект РІСС без надання учасникам зворотного зв'язку щодо правильності їхніх відповідей. Це дозволило зафіксувати зміни категоріальних рішень, зумовлені лише

статистикою стимулів у середовищі. У другому експерименті вводилась маніпуляція зі зворотним зв'язком — учасники отримували інформацію про правильність класифікації, що дозволяє дослідити альтернативний механізм адаптації: через навчання та інструктивний контроль. Такий дизайн дозволив протестувати припущення щодо автономності ефекту РІСС або його модифікації під впливом зовнішніх регуляторів.

Загалом, обрана методологія базується на трьох принципах:

1. Експериментальний контроль (контрольована маніпуляція поширеністю і наявністю фідбеку);
2. Параметричне варіювання стимулів (градації кольору від 1 до 100);
3. Моделювання поведінкових рішень з урахуванням індивідуальних відмінностей за допомогою ієрархічних моделей (наприклад, *brms*, *lme4*).

Це забезпечує високу внутрішню валідність експерименту та дозволяє узагальнити результати в межах сучасних моделей перцептивної і когнітивної адаптації. Вибрані методи не лише відповідають предмету дослідження, але й дозволяють формалізувати когнітивні зміни в категоріальній структурі рішень у статистично змінному середовищі.

З огляду на поставлені завдання, психофізичний експеримент було доповнено детальним збиранням демографічних та індивідуальних змінних (вік, стать, ID учасника), що дозволяє моделювати індивідуальні відмінності в категоріальних судженнях, використовуючи багаторівневі (ієрархічні) моделі. Цей підхід відповідає сучасним рекомендаціям у когнітивному моделюванні (Gelman & Hill, 2007) і забезпечує підвищену чутливість до ефектів зміни поширеності навіть за складної структури даних.

Таким чином, обраний комплекс методів — психофізичний експеримент із параметричною варіацією стимулу, експериментальна маніпуляція поширеністю та використання зворотного зв'язку, доповнені ієрархічним

аналізом — є теоретично та методологічно релевантним для перевірки гіпотез про зміну категоріальних суджень під впливом контекстуальних характеристик середовища. Це дозволило водночас реплікувати класичні ефекти зміни концепції, зумовленій поширеністю, описані у Levani et al. (2018), і дослідити модифікації цих ефектів під впливом зворотнього зв'язку та навчання.

## 2.2. Опис процедури дослідження

Процедура дослідження була побудована відповідно до наукових стандартів, що забезпечують валідність, надійність та об'єктивність отриманих результатів. Дослідження мало експериментальний характер і включало декілька етапів (див. табл. 2.1), кожен із яких сприяв послідовному наближенню до перевірки основних гіпотез щодо впливу частоти появи стимулів на зміну категоріального судження у візуальному перцептивному завданні та вплив зворотнього зв'язку на стабільність рішень категоризації, що дозволило дослідити, як наявність або відсутність корекції на основі зовнішніх сигналів можуть змінювати процес прийняття рішень в умовах змінної частоти стимулів.

Таблиця 2.1

### Опис етапів дослідження

№	Назва етапу	Короткий опис
1	Теоретичне обґрунтування дослідження	Аналіз наукових публікацій з психофізики, суджень, ефектів поширеності стимулів (PCCI, LPE), обчислювальних моделей категоризації
2	Розробка експериментів	Моделювання двох експериментів у PsychoPy з різною наявністю фідбеку та маніпуляцією частотою фіолетових стимулів
3	Реалізація експериментів	Проведення двох типів експериментів: без зворотного зв'язку (умова 1) та з наданням фідбеку (умова 2)
4	Попередня обробка	Стандартизація відповідей, фільтрація технічних

№	Назва етапу	Короткий опис
	даних	артефактів, формування змінних для моделювання
5	Статистичне моделювання	Побудова ієрархічних логістичних моделей та байєсівських регресійних моделей (GLMM, Bayesian BRMS), аналіз впливу частоти стимулів і зворотного зв'язку на категоризацію
6	Інтерпретація результатів	Порівняння ефектів між умовами, формулювання висновків про механізми гнучкості категорійного судження

*Етап 1. Теоретичне обґрунтування дослідження* включало аналіз сучасної літератури з когнітивної психології, психофізики, нейронауки та досліджень категоризації з акцентом на механізми зміни перцептивного судження під впливом контекстуальних факторів середовища. Особлива увага була приділена працям Levari et al. (2018) щодо феномену Prevalence-Induced Concept Change, класичним когнітивним моделям прийняття рішень і контекстуальних ефектів у категоризації (Parducci, 1995; Tversky & Simonson, 1993), а також сучасним підходам до моделювання процесів судження, зокрема моделям дрефт-дифузії та байєсівського оновлення оцінок (Rescorla, 2021; Wallsten, 2024; Myers, Interian & Moustafa, 2022). Окремо було розглянуто роль поширеності стимулів, впливу зворотнього зв'язку на стабільність категоріальних меж, а також нейрофізіологічні основи адаптивної зміни суджень у відповідь на змінні статистичні характеристики середовища. Огляд літератури дозволив інтегрувати класичні ідеї динамічності порогів судження із сучасними уявленнями про когнітивну пластичність та адаптивну регуляцію концептуальних кордонів та сформулювати емпіричні гіпотези.

*Етап 2. Розробка експериментів* була реалізована шляхом побудови двох окремих експериментів у середовищі PsychoPy (Peirce et al., 2019). Програму було створено за допомогою Builder-модуля, з використанням

внутрішніх циклів (loops), умовних логік та компонентів візуального представлення стимулів. Експерименти включали в себе систематичну варіацію співвідношення фіолетових та синіх стимулів по сесіях, реалізацію фідбеку в одному з експериментів, а також реєстрацію відповідей учасників на кожному пробі.

Створений експеримент було експортовано з PsychoPy у форматі HTML, JavaScript та інших допоміжних файлів, після чого проведено інтеграцію в спеціально розроблений вебсайт, який виконував роль серверної платформи для розгортання дослідження. Вебсайт було створено з використанням стандартного стеку вебтехнологій (HTML/CSS/JS), а також скриптів, що забезпечували логіку експерименту та надсилання даних на сервер. Таким чином, учасники могли проходити експеримент дистанційно через свій браузер без необхідності встановлення будь-якого додаткового програмного забезпечення.

У першому експерименті учасникам пропонувались 100 унікальних стимулів у вигляді кольорових кіл, що змінювалися по осі синій–фіолетовий. Стимули було створено як градації одного кольору у просторі RGB, із фіксованими значеннями компонент  $G=0$  та  $R=100 \rightarrow 1$ ,  $B=155 \rightarrow 254$ . Таким чином, найменш синій стимул (RGB 100–0–155) мав приблизно 60% синього кольору, а найбільш синій (RGB 1–0–254) — близько 99,6%. Для аналітичних цілей увесь спектр було розділено на дві категорії:

- Фіолетовий спектр: від RGB 100–0–155 до RGB 51–0–204;
- Синій спектр: від RGB 50–0–205 до RGB 1–0–254.

У ході першого експерименту кожен учасник проходив вісім сесій, по 100 стимулів у кожній. В межах однієї сесії пропорція фіолетових і синіх стимулів була фіксованою, однак варіювалася між сесіями за таким принципом:

- Сесії 1–2: 50% фіолетових / 50% синіх;
- Сесія 3: 40% фіолетових / 60% синіх;

- Сесія 4: 28% фіолетових / 72% синіх;
- Сесії 5–6: 16% фіолетових / 84% синіх;
- Сесії 7–8: 6% фіолетових / 94% синіх.

Усі стимули демонструвались на екрані протягом 500 мс, після чого з'являвся індикатор, що вимагав реакції користувача (натискання клавіші для вибору відповідної категорії). Інтервали між стимулами були мінімальними, аби забезпечити безперервність задачі. Після кожної пройденної сесії, учасникам давався час на відпочинок 20 секунд. Важливо, що в першому експерименті не передбачалося надання будь-якого зворотного зв'язку про правильність або помилковість відповіді. Таким чином, рішення учасників базувалися виключно на їхньому власному судженні, яке могло змінюватися відповідно до змін у статистичному контексті (частота фіолетових/синіх стимулів).

Другий експеримент повторював структуру та параметри першого, з єдиною відмінністю — введенням зворотного зв'язку про правильність класифікації. Після кожної відповіді на екрані з'являлось повідомлення: зеленого кольору у випадку правильної класифікації або червоного кольору — у випадку помилки. Тривалість зворотного зв'язку становила 1500 мс, після чого автоматично починався наступний проба. Цей фідбек дозволяв дослідити, чи змінюються категоріальні рішення учасників під впливом зовнішнього сигналу про відповідність відповіді об'єктивній категорії, і чи здатен такий зворотний зв'язок зменшити зміну концепції, зумовлену поширеністю або, навпаки, сприяти формуванню альтернативної концептуальної межі.

Усі інші параметри стимулів, сесій, порядку демонстрації та запису відповідей були ідентичними до умов Експерименту 1.

**Етап 3. Проведення експериментального дослідження** будувалося таким чином, щоб учасники проходили лише один з двох експериментів, щоб уникнути перехресного навчання або змішування стратегій. Участь у

дослідженні була добровільною. Інформація про експеримент розповсюджувалась через соціальні мережі, електронну пошту, а також за допомогою усної комунікації. Кожен учасник мав перейти за унікальним посиланням на вебсторінку експерименту. Анонімність даних була забезпечена шляхом автоматичного кодування учасників. Перед початком основного завдання учасникам надавалась письмова інструкція на екрані, в якій пояснювалось, що необхідно буде оцінювати колір зображених кіл та натискати відповідну клавішу (наприклад, клавішу «L» для фіолетових та «S» для синіх стимулів). У другому експерименті також повідомлялось про наявність фідбеку після кожної відповіді (індикація «вірно»/«невірно»). Кожен учасник проходив одну з версій експерименту, яка складалась із восьми сесій (loops), у кожній з яких демонструвались 100 стимулів з різним співвідношенням категорій. Всі дані зберігались автоматично на сервері після завершення кожної сесії та після завершення участі в експерименті. Для кожного проби реєструвались: ID учасника, градація стимулу (від 1 до 100), об'єктивна класифікація кольору (0 — синій, 1 — фіолетовий), відповідь учасника, номер сесії, частка фіолетових стимулів у цій сесії, а також демографічні змінні (вік, стать). Це дозволило здійснити подальший аналіз на рівні окремих проб, учасників та умов.

*Етап 4. Обробку та аналіз експериментальних даних* було здійснено за допомогою програмного забезпечення R. Попередньо було об'єднано таблиці з усіма сесіями, додано змінні Feedback (0/1) для розмежування умов, а також побудовано змінні для "суб'єктивного переозначення" стимулів – ситуацій, коли об'єктивно синій стимул був класифікований як фіолетовий для першого експерименту, та коли об'єктивно фіолетовий стимул був класифікований як синій для другого експерименту. Для перевірки гіпотез були побудовані ієрархічні логістичні регресії з використанням пакетів lme4 (glmer) і brms для багаторівневого байєсівського моделювання. Моделі включали такі змінні як

параметр стимулу, процент фіолетових стимулів у сесії, наявність зворотнього зв'язку, вікові особливості а також випадкові ефекти на рівні учасника. Було також розглянуто взаємодії між цими предикторами, що дозволило виявити ефекти компенсації у відсутності зворотного зв'язку та ефекти стабілізації судження при його наявності. Для перевірки гіпотез також застосовувався аналіз достовірності зміщень за допомогою моделей ймовірностей.

Крім того, було проведено регресійний аналіз вагових коефіцієнтів для різних статистичних характеристик середовища. Зокрема, в окремій моделі оцінювався відносний вплив двох факторів: діапазону градацій стимулів та частоти фіолетових стимулів.

Для додаткової перевірки гіпотез і візуалізації змін категоріальних меж були побудовані психометричні функції. За допомогою прогнозування ймовірностей класифікації (predict) було змодельовано залежність імовірності помилкової класифікації від градації стимулів окремо для різних сесій (зокрема, першої та восьмої). Отримані функції дозволили зафіксувати систематичні зміщення критеріїв судження в динаміці експерименту, що відображали адаптивну перебудову категоріальних кордонів залежно від частоти стимулів і наявності зворотного зв'язку.

Таким чином, комплексне використання змішаних моделей, аналізу вагових коефіцієнтів та побудови психометричних кривих забезпечило багатовимірну оцінку процесів адаптивної категоризації та дозволило глибоко дослідити когнітивні механізми гнучкості перцептивного судження у змінних умовах середовища.

*Етап 5. Інтерпретація результатів і порівняльний аналіз* було проведено на завершальному етапі, де результати було інтерпретовано в контексті теоретичних моделей когнітивного судження. Було виявлено, що в умовах зменшення частоти появи фіолетових стимулів у відсутності фідбеку

учасники демонстрували збільшення кількості хибних класифікацій синіх як фіолетових, що узгоджується з гіпотезою про зміну концепції, зумовлену поширеністю (PICC). Натомість за наявності зворотного зв'язку учасники демонстрували тенденцію до зворотного ефекту – частіше класифікували слабо-фіолетові як сині, що інтерпретується як ефект низької поширеності (LPE). Отримані результати обговорювались у контексті нейрокогнітивної адаптації до статистичних регулярностей середовища. Дані стали підставою для уточнення теоретичних моделей судження і формування висновків щодо ролі інструктивного контролю у підтриманні стабільності концептуальних категорій.

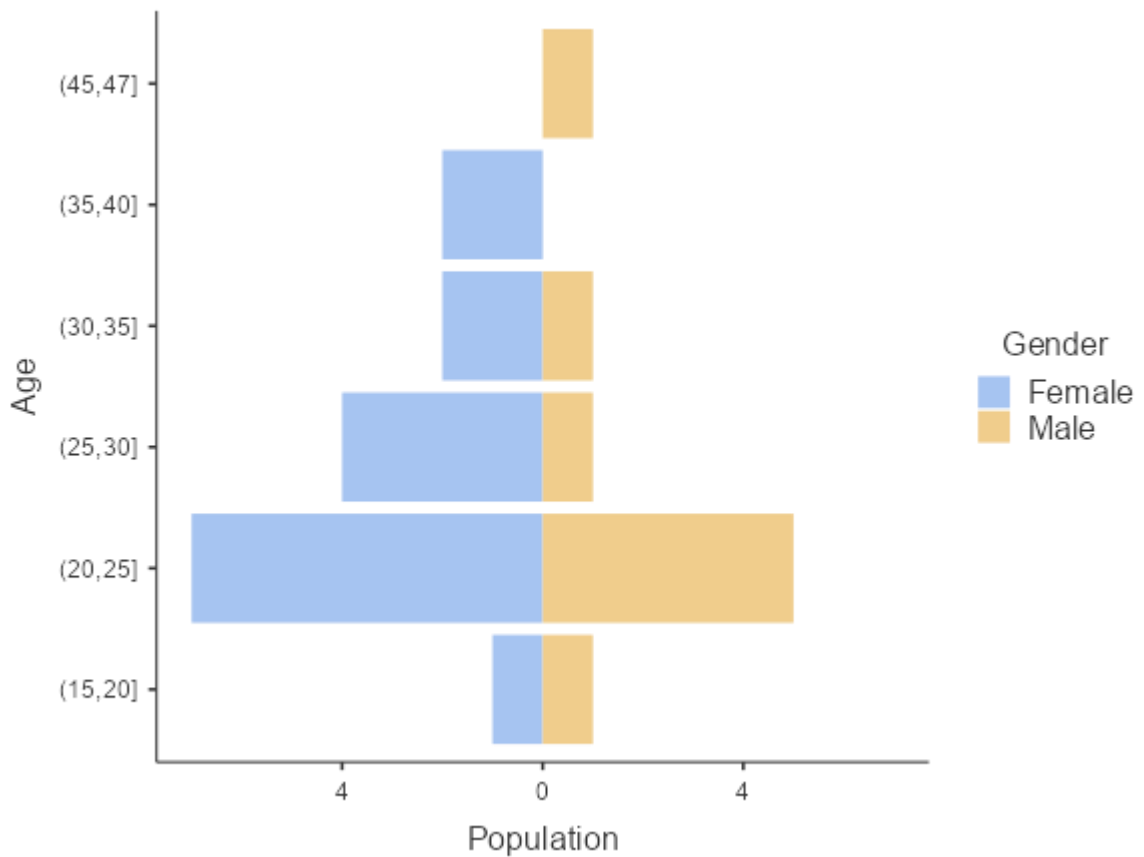
### **2.3. Характеристика вибірки дослідження**

У дослідженні було використано дві незалежні вибірки учасників, по одній на кожен експеримент. Такий підхід дозволив уникнути перехресного перенесення ефектів — зокрема, можливого навчання або зміни стратегії, викликані повторним виконанням подібного завдання в умовах із фідбеком та без нього. Залучення незалежних вибірок також підвищує внутрішню валідність порівняння між експериментальними умовами, оскільки виключає ризик впливу порядку проходження завдань або кумулятивних ефектів повторного тестування.

Кількість учасників у кожному експерименті було визначено на основі практики сучасних психофізичних досліджень, у яких типовий розмір вибірки для виявлення стабільних ефектів категоризації та градієнтів сприйняття коливається в межах 20–30 осіб на умову (Campbell & Stanley, 2015). У випадку досліджень із інтенсивним внутрішньоособистісним дизайном (багато проб на одного учасника) та простими реакціями, навіть відносно невеликі вибірки забезпечують достатню статистичну потужність для виявлення систематичних ефектів як на груповому, так і на індивідуальному рівнях.

У першому експерименті початково взяли участь 27 осіб без порушень зору, однак двох учасників було виключено з подальшого аналізу через нетипову, вкрай консервативну стратегію категоризації: вони класифікували майже всі стимули як «сині», незалежно від реального спектру. Цей патерн свідчив про нечутливість до змін стимулів і, ймовірно, пов'язаний із віковими когнітивними особливостями. Обидва респонденти були у віковій категорії 60+ років, що узгоджується з емпіричними даними про вікове зниження когнітивної гнучкості та зростання категоріальної ригідності (Devine et al., 2020).

У фінальну вибірку першого експерименту увійшли 25 учасників (10 чоловіків і 15 жінок). Графічне представлення вибірки першого експерименту представлено на рисунку 2.1. Середній вік учасників становив 27.1 року, що відповідає типовій когорті молодих дорослих. Медіана — 25 років, тобто половина учасників були молодші за цей вік, що свідчить про легке зсування розподілу вгору за рахунок кількох старших респондентів (до 47 років). Стандартне відхилення — 6.68 року, що вказує на помірну вікову варіативність у вибірці. Мінімальний вік — 20 років, максимальний — 47 років, що підтверджує наявність певного вікового розмаїття, хоча основна маса учасників — у діапазоні 20–30 років.



*Рис. 2.1. Розподіл вибірки першого експерименту за віком і статтю*

У другому експерименті взяли участь 30 учасників, з яких 10 були чоловіками і 20 — жінками. Графічне представлення вибірки другого експерименту представлено на рисунку 2.2. Як і в першому дослідженні, усі учасники мали нормальний або скоригований до норми зір та не повідомляли про порушення кольорового зору.

У цій вибірці вік учасників був ще більш однорідним: середній вік — 26 років, медіана — 24 роки, що вказує на симетричніший розподіл, з переважанням молодших респондентів. Стандартне відхилення — 5.47 року, тобто розкид вікових значень був меншим, ніж у першому експерименті. Мінімальний вік — також 20 років, максимальний — 38 років, тобто старших учасників у цій вибірці було менше, і вік не виходив за межі середнього

дорослого віку. Більш стиснута та контрольована ібірка в цьому експерименті є додатковою перевагою для аналізу впливу фідбеку в когнітивно одноріднішій групі.

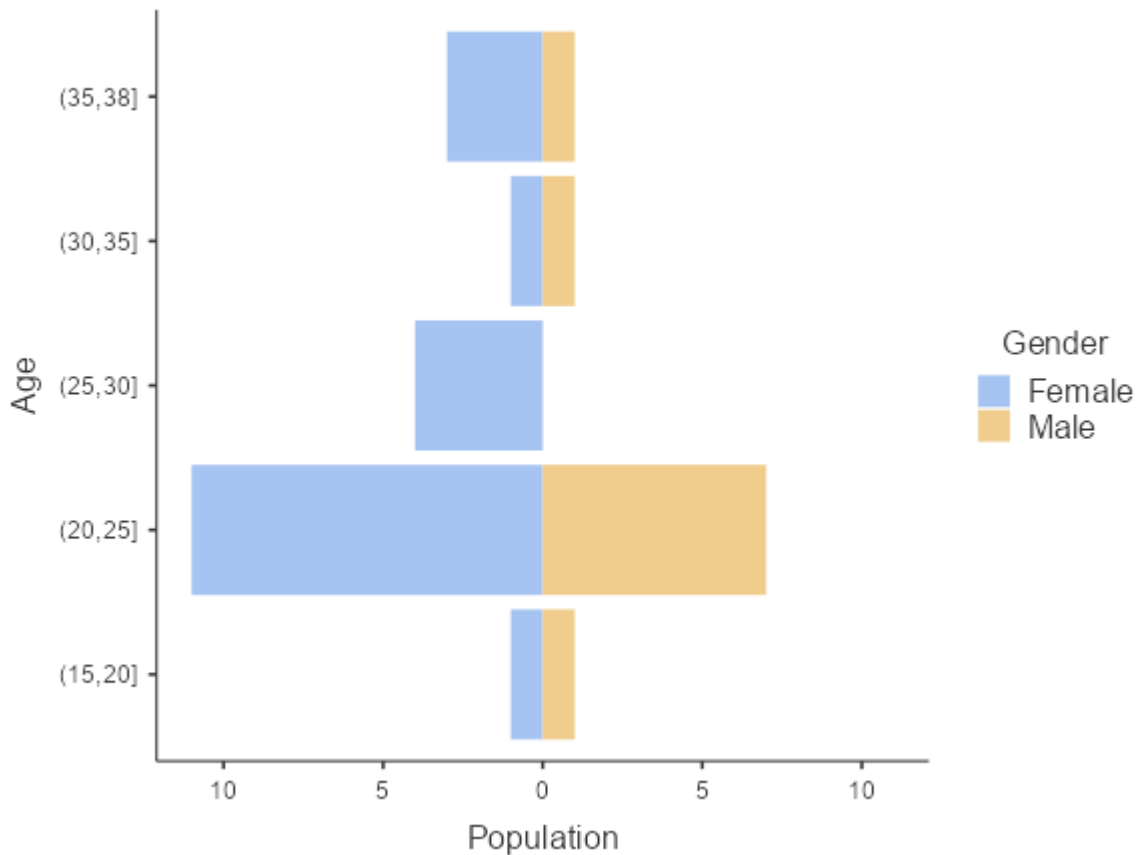


Рис. 2.2. Розподіл вибірки першого експерименту за віком і статтю

Таким чином, обидві вибірки мали подібні вікові характеристики з переважанням молодих дорослих, що відповідає типовій когорті для експериментальних досліджень у галузі когнітивної психології та психофізики. Це дозволяє інтерпретувати результати як репрезентативні для загальної популяції молодих людей із незміненою когнітивною гнучкістю. Крім того, наявність широкого, хоч і обмеженого вікового діапазону дозволила також спостерігати потенційні вікові ефекти.

## **Висновок до 2 розділу**

Другий розділ обґрунтовує методологічні засади емпіричної перевірки гіпотез щодо впливу частоти стимулів і наявності зворотного зв'язку на зміну категоріальних меж перцептивного судження. Підхід базувався на експериментальному моделюванні двох умов: (1) класифікація без зворотного зв'язку (для дослідження автономних контекстуальних адаптацій), і (2) класифікація із зворотним зв'язком про правильність відповіді (для аналізу ефекту навчання і стабілізації критеріїв рішення).

Було детально розроблено експериментальну парадигму з варіюванням поширеності фіолетових стимулів у сесіях та реалізацією фідбеку в окремому експерименті. Стимули були створені у вигляді континууму від синього до фіолетового кольору із систематично контрольованими градаціями.

Для аналізу даних було застосовано сучасні статистичні підходи: ієрархічні логістичні регресії (GLMM) і багаторівневі байєсівські моделі (brms), що дозволили одночасно враховувати як фіксовані ефекти (частота фіолетових стимулів, наявність фідбеку, вік учасників), так і випадкові ефекти на рівні окремих учасників.

Додатково були проведені аналізи вагових коефіцієнтів для окремих факторів і побудовані психометричні функції для оцінки зміщення критеріальних меж у різних умовах експерименту.

Методологія передбачала забезпечення високої внутрішньої валідності завдяки контролю умов експерименту, систематичній обробці даних і аналізу можливих індивідуальних варіацій. Структура дослідження дозволяє виявити як загальні закономірності адаптивної зміни судження, так і міжіндивідуальні відмінності у чутливості до контекстуальних змін і фідбеку.

Таким чином, другий розділ формує надійну основу для інтерпретації результатів і подальшого обговорення когнітивних механізмів адаптації категоріального судження в умовах змінної статистики середовища.

## РОЗДІЛ 3

### АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КОНТЕКСТУАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СЕРЕДОВИЩА НА ЗМІНУ КОНЦЕПЦІЇ ПЕРЦЕПТИВНОГО СУДЖЕННЯ

#### 3.1. Загальний огляд результатів першого експерименту

У першому експерименті було протестовано гіпотезу, що за умов зниження частоти появи фіолетових стимулів (тобто низької prevalence), відбудеться зсув межі категоріального судження у напрямку розширення цієї категорії — явище, відоме як PICC (Levari et al., 2018). Відповідно, було очікувано, що учасники частіше класифікуватимуть сині або прикордонні стимули як фіолетові в тих сесіях, де фіолетові стимули з'являлись рідше.

Для перевірки цієї гіпотези було застосовано два взаємодоповнюючих підходи: (1) узагальнена лінійна змішана модель (GLMM) з логіт-перетворенням, та (2) байєсівська багаторівнева логістична модель, що дозволяє точніше оцінити невизначеність параметрів та побудувати інтервали правдоподібності. Обидві моделі були побудовані на рівні окремих проб (trial-level data), що дозволило максимізувати інформативність даних і врахувати внутрішньоіндивідуальні варіації рішень.

В межах першого експерименту, в якому відсутній зворотний зв'язок, було проведено аналіз ймовірності класифікації синіх стимулів як фіолетових залежно від частки фіолетових стимулів в межах сесії. Залежною змінною (blue\_as\_purple) виступала бінарна відповідь учасника (1 — синій стимул класифіковано як фіолетовий, 0 — правильно класифіковано як синій), що дозволяло змодельювати процес категоризації в умовах варіювання контекстуальної частоти стимулів. Основним предиктором був процент фіолетових стимулів і сесії, тобто відсоток фіолетових стимулів у поточній сесії

(варіював від 50% до 6%), який моделює зміну контекстуальних умов. Змінна віку була включена як контрольна коварата для перевірки потенційних вікових модерацій. Міжіндивідуальні варіації були враховані через включення випадкового перехоплення на рівні респондента.

В обох моделях оцінювався варіанти випадкових інтерцептів для учасників. В моделі *glmer* дисперсія випадкового перехоплення становила 0.459 ( $\sigma \approx 0.678$ ), тоді як у байєсівській моделі очікуване значення стандартного відхилення випадкового інтерцепта — 0.74 (95% довірчий інтервал: [0.54, 1.05]). Це вказує на суттєву міжіндивідуальну варіабельність у базовій ймовірності класифікації, незалежно від предикторів. Зокрема, різниця між учасниками потребувало урахування в моделі, що було коректно реалізовано.

Intercept (перехоплення) в обох моделях є близьким до нуля (0.196 у *glmer*, 0.19 у *brms*) і не є статистично значущим ( $p = 0.7375$  у *glmer*; 95% ДІ у *brms* містить 0: [-1.12, 1.49]). Це означає, що при середньому значенні віку і пропорції фіолетових стимулів базова ймовірність класифікації синього стимулу як фіолетового не є суттєво зміщеною в один бік.

Натомість змінна частка фіолетових стимулів продемонструвала великий і стабільний негативний ефект. У змішаній логістичній регресії оцінка склала -5.31 зі стандартною похибкою 0.169 ( $z = -31.484$ ,  $p < 0.001$ ). У байєсівській моделі ефект був аналогічним за величиною: -5.17 зі стандартною похибкою 0.17 і довірчим інтервалом [-5.49, -4.85]. Такий величезний негативний ефект означає, що зі збільшенням частки фіолетових стимулів у сесії ймовірність того, що синій стимул буде класифіковано як фіолетовий, суттєво зменшується. Іншими словами, у ситуаціях, коли фіолетові стимули рідкісні, респонденти демонструють зміщення критерію категоризації, починаючи сприймати більше синіх стимулів як належних до дефіцитної категорії. Цей результат узгоджується з феноменом зміни концепції, спричиненій поширеністю (Levari et

al., 2018), який передбачає, що за умов низької поширеності певної категорії люди схильні розширювати її межі включенням менш типової інформації.

Окрім основного ефекту пропорції фіолетових стимулів, було виявлено також вплив віку учасників. У моделі *glmer* оцінка для змінної віку становила -0.044 зі стандартною похибкою 0.021 ( $z = -2.086$ ,  $p = 0.0375$ ), що свідчить про статистичну значущість ефекту. У байєсівській моделі відповідна оцінка дорівнювала -0.04 з 95% довірчим інтервалом  $[-0.09, 0.01]$ , що лише частково підтримує значущість цього зв'язку. Негативне значення коефіцієнта вказує на те, що зі збільшенням віку респондентів ймовірність класифікації синіх стимулів як фіолетових дещо знижується. Проте сила цього ефекту є невеликою, і, з огляду на перекриття нуля в довірчому інтервалі байєсівської моделі, практичне значення впливу віку потребує обережної інтерпретації.

Аналіз масштабованих рештків показав, що хоча більшість залишків знаходилися в межах очікуваного діапазону, окремі спостереження демонстрували високі відхилення (наприклад, максимальне значення скейлованого рештку дорівнювало 18.18). Це може свідчити про наявність одиничних викидів або особливих випадків у вибірці, але з огляду на її розмір ( $n = 20\,000$ ) такі аномалії не є критичними.

У байєсівському аналізі всі показники діагностики конвергенції (*Rhat*) дорівнювали 1.0, що вказує на стабільну збіжність моделі. Ефективна кількість зразків (*Bulk\_ESS* = 1393, *Tail\_ESS* = 2322) була достатньо великою для забезпечення надійності оцінок, а довірчі інтервали були вузькими, що додатково підсилює достовірність отриманих результатів.

Отже, результати першого експерименту підтверджують гіпотезу про наявність ефекту зміни концептуальних меж категоризації залежно від поширеності стимулів у середовищі. Відсутність зворотного зв'язку дозволила цим змінам вільно розвиватися без корекції з боку зовнішнього фідбеку, що

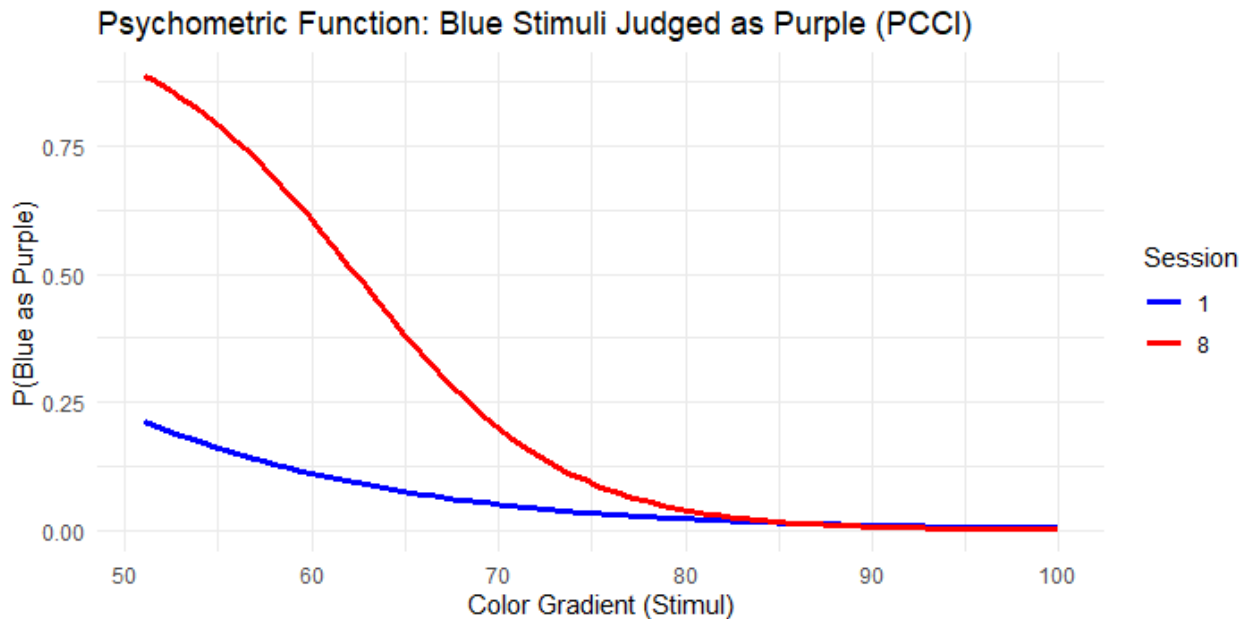
типово для проявів зміни концепції, спричиненій поширеністю. Ефект пропорції фіолетових стимулів є сильним, стабільним і має велике практичне значення, тоді як вплив віку респондентів є другорядним і має обмежене прикладне значення. Таким чином, можна стверджувати, що зменшення поширеності фіолетових стимулів у сесії призводить до зниження категоріального критерію, що збільшує ймовірність сприйняття нетипових стимулів як належних до дефіцитної категорії, у повній відповідності до механізмів адаптивної регуляції судження в умовах змін середовища.

Для першого експерименту було проведено додаткову обробку даних та побудовано модель для аналізу зміни ймовірності класифікації синього стимулу як фіолетового через зміни у градаціях стимулів і за сесіями. Було створено підмножину даних, яка включала лише ті спостереження, де сині стимули (`Stimul_color == 0`) оцінювались як фіолетові (`blue_as_purple`) в двох конкретних сесіях: першій та восьмій. Відбір сесій був здійснений з метою оцінки зміни категоризації синіх стимулів як фіолетових залежно від розвитку експерименту, оскільки на першій і восьмій сесії можна було спостерігати найбільші зміни в категоризаційних стратегіях учасників.

Після підготовки цих даних була побудована бінарна логістична регресія (`glm`), що прогнозувала ймовірність класифікації синього стимулу як фіолетового, з урахуванням взаємодії між змінними `Stimul` (градація стимулу) і `Session` (сесія). Модель виглядала так: `blue_as_purple ~ Stimul * Session`. Ця модель дозволила дослідити, чи змінюється ймовірність класифікації залежно від того, на якому етапі експерименту (сесії) відбувається спостереження.

Для подальшої візуалізації отриманих результатів була використана функція `predict`, щоб отримати прогнозовані ймовірності для кожної градації стимулу, а також для кожної з двох сесій (1 і 8). Було побудовано графік на рисунку 3.1., що демонструє психометричну функцію: на осі X відображались

градації синіх стимулів, а на осі Y — ймовірність того, що стимул буде класифіковано як фіолетовий. Лінії на графіку відображали зміни ймовірності для різних сесій (синя лінія — для першої сесії, червона — для восьмої).



*Рис. 3.1. Зміна ймовірності класифікації синіх стимулів як фіолетових залежно від градієнта кольору: порівняння першої та восьмої сесій*

Результати цього аналізу підтверджують, що за час експерименту відбувається значна зміна в тому, як учасники класифікують стимули. Зі збільшенням кількості фіолетових стимулів у сесії ймовірність класифікації синього як фіолетового зменшується, що узгоджується з первинним результатом першого експерименту, де спостерігався негативний ефект пропорції фіолетових стимулів на ймовірність класифікації синіх як фіолетових. Цей ефект зміни в психометричній функції за сесіями ще раз підтверджує гіпотезу про зміну концептуальних меж категоризації під впливом частоти появи дефіцитних стимулів.

### **3.2. Загальний огляд результатів другого експерименту**

Другий експеримент мав на меті дослідити, яким чином наявність зворотного зв'язку впливає на категоризацію кольорів учасниками у контексті змінної поширеності фіолетових стимулів. Особливий інтерес становило те, чи зворотний зв'язок допомагає стабілізувати категоріальні межі сприйняття, чи навпаки — сприяє адаптивному зміщенню цих меж у відповідь на зміну статистичної структури середовища. Для аналізу було застосовано узагальнену лінійну змішану модель з біноміальним розподілом і logit-лінком, у якій ймовірність того, що фіолетовий стимул буде класифіковано як синій (`purple_as_blue`) розглядалася як залежна змінна. Цю ймовірність було пояснено двома фіксованими предикторами: відсотком фіолетових стимулів в межах поточної сесії та віком респондента. Крім того, в модель було включено випадковий перехоплювач для кожного учасника, що дозволяло врахувати індивідуальні відмінності в базовому рівні схильності до класифікації фіолетових стимулів як синіх. Ця модель дала змогу перевірити основну гіпотезу про те, що зменшення кількості фіолетових стимулів у сесії сприяє зростанню кількості помилкових класифікацій фіолетових як синіх, навіть попри наявність правильного зворотного зв'язку після кожної відповіді.

Перш за все варто зазначити, що модель добре збіглася (*converged*) при використанні оптимізатора `bobuqa`, і включала 24000 спостережень із 30 учасників, що забезпечує достатню статистичну потужність. Значення логарифму правдоподібності (`logLik`) склало -4231.1, а відповідне значення AIC — 8470.2. Стандартні залишки моделі (`scaled residuals`) показали відносно невелику дисперсію в центрі розподілу (межі між першим та третім квантилем в межах [-0.23; -0.18]), з одним максимумом до 6.86, що свідчить про наявність окремих рідкісних спостережень із високим впливом, однак загалом модель адекватна. Варіативність випадкового перехоплення між учасниками становила 0.0985, що відповідає стандартному відхиленню 0.314 — це свідчить про

наявність індивідуальних відмінностей у схильності до класифікації фіолетових стимулів як синіх, однак вони не є надмірно великими. Порівняно з основними ефектами, зокрема ефектом відсотка фіолетових стимулів, варіативність випадкових ефектів є помірною і не змінює суттєво загальний напрямок результатів. Це свідчить про те, що індивідуальні відмінності не мають вирішального впливу на основні висновки.

Щодо фіксованих ефектів, модель виявила значущий позитивний ефект змінної `Percent_purple` (частка/процент фіолетових стимулів в сесії) на ймовірність класифікації фіолетових стимулів як синіх ( $\text{Estimate} = 1.0789$ ,  $\text{Std. Error} = 0.1835$ ,  $z = 5.879$ ,  $p < 0.00000001$ ). Це означає, що зі зростанням частки фіолетових стимулів у сесії, ймовірність помилкової класифікації зменшується, а при зменшенні кількості фіолетових стимулів, учасники значно частіше сприймають їх як сині. Величина ефекту є помірно сильною з точки зору логіт-коефіцієнтів, що вказує на систематичне зміщення категоріальних меж у бік синього кольору при низькій частоті фіолетових стимулів, навіть за умови надання фідбеку. Це підтверджує гіпотезу про те, що наявність фідбеку не здатна повністю компенсувати контекстуальну адаптацію суджень у середовищі зі змінною поширеністю стимулів.

Щодо віку, жодного значущого ефекту виявлено не було ( $\text{Estimate} = -0.0090$ ,  $\text{Std. Error} = 0.0123$ ,  $z = -0.737$ ,  $p = 0.461$ ). Це свідчить про те, що вікові особливості не впливали на загальну схильність до помилкової категоризації фіолетових стимулів у цьому завданні, принаймні в межах представленої вибірки.

Аналогічний аналіз було проведено із застосуванням байєсівського підходу до побудови ієрархічної логістичної моделі за допомогою пакету `brms`. Модель базувалась на тих самих змінних та структурі, проте дозволяла

отримати повний розподіл ймовірностей для кожного параметра, що дає змогу більш точно оцінити достовірність і діапазон ефектів.

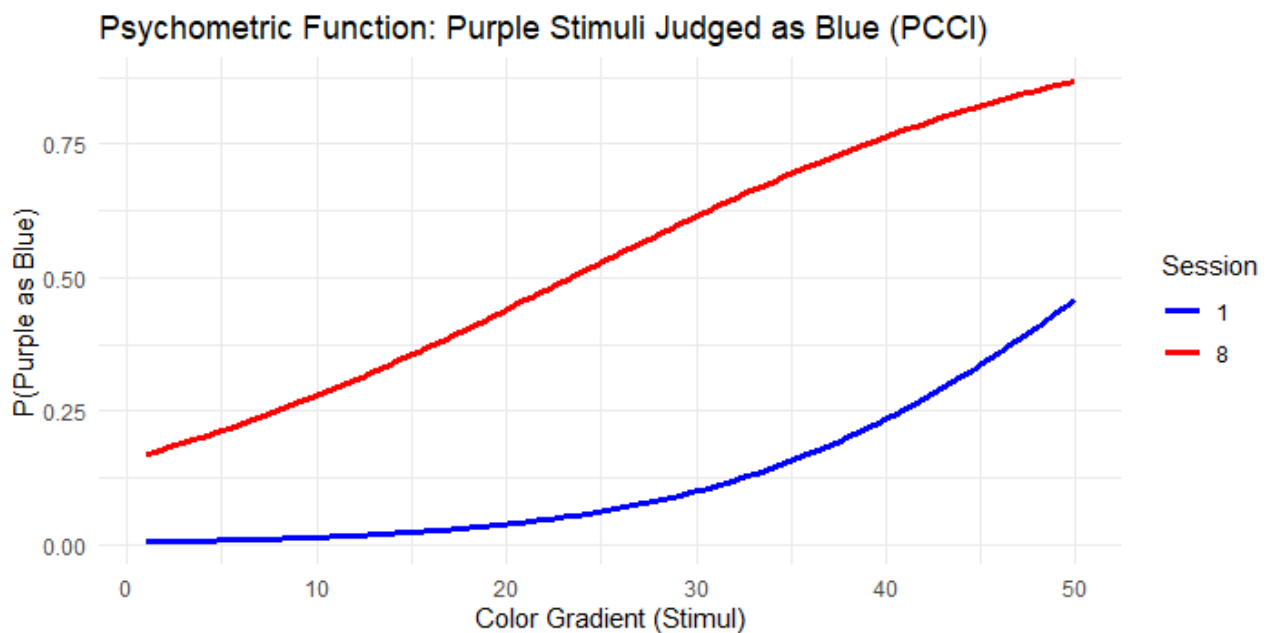
Результати байєсівської моделі підтверджують висновки класичної GLMM. Ефект змінної `Percent_purple` був достовірно позитивним ( $\text{Estimate} = 1.04$ ,  $\text{Est.Error} = 0.19$ , 95% CI [0.68; 1.40]), з повністю позитивним довірчим інтервалом, що підтверджує систематичне зростання помилкової категоризації при зменшенні частки фіолетових стимулів. Таким чином, ефект присутній на популяційному рівні і не є наслідком випадкового шуму чи індивідуальних варіацій. Значення  $R_{\text{hat}}$  для всіх параметрів дорівнювало 1.00, що свідчить про повну збіжність ланцюгів. Ефективна кількість симуляцій (`Bulk ESS` і `Tail ESS`) була високою (наприклад, для `Percent_purple`: `Bulk_ESS` = 5734, `Tail_ESS` = 2482), що гарантує стабільність оцінок.

Інтерцепт моделі був негативним ( $\text{Estimate} = -3.19$ , 95% CI [-3.89; -2.46]), що вказує на загальну низьку ймовірність класифікації фіолетового як синього, коли частка фіолетових та синіх стимулів у сесії є рівномірною (50:50), а ефект віку не має значення. Це відповідає інструкції завдання, у якому правильною відповіддю за замовчуванням є розпізнавання фіолетового як фіолетового. Але зміна контексту (зменшення фіолетових стимулів у сесії) порушує цю тенденцію.

Щодо змінної віку, ефект залишився незначущим і в байєсівській моделі ( $\text{Estimate} = -0.01$ , 95% CI [-0.04; 0.02]), що ще раз підтверджує відсутність вікової модерації в цьому контексті.

Також ми провели додатковий аналіз даних, побудувавши логістичну модель, що дозволяє оцінити ймовірність помилкової класифікації фіолетових стимулів як синіх (змінна `purple_as_blue`) у залежності від градації кольору (`Stimul`) та номера сесії (`Session`). Для цього було сформовано підмножину даних, що включає лише фіолетові стимули (`Stimul_color == 1`) у першій та

восьмій сесіях для порівняння. Логістична регресія вказала на значущу взаємодію між градацією стимулу та сесією: у восьмій сесії ймовірність помилки класифікації була істотно вищою, особливо для фіолетових градацій, близьких до категоріальної межі. Візуалізація отриманих даних за допомогою психометричних функцій, що представлена на рисунку 3.2. підтвердила, що крива для восьмої сесії є зсуненою вліво — тобто респонденти почали класифікувати навіть виразно фіолетові градації як сині.



*Рис. 3.2. Зміна ймовірності класифікації фіолетових стимулів як синіх залежно від градiєнта кольору: порівняння першої та восьмої сесій*

Це зміщення є емпіричним маркером зміни концепції, що проявляється не у формі компенсаторного розширення, а навпаки — у формі концептуального зсуву до більш очікуваної (частішої) категорії (LPE). Таким чином, ми отримали підтвердження того, що характер зміни категоріальних меж у задачах класифікації кольору може суттєво змінюватись в залежності від наявності чи відсутності зворотного зв'язку, підтримуючи ідею контекстно-залежної зміни концепції судження.

У підсумку, отримані результати другого експерименту дозволяють зробити декілька важливих висновків. По-перше, вплив поширеності стимулів виявляється навіть у ситуації, коли учасник отримує прямий зворотний зв'язок про правильність або неправильність відповіді. Це означає, що адаптація категоріальних меж у сприйнятті стимулів відбувається не лише внаслідок відсутності інформації про істинну категорію, але й у присутності явно доступного фідбеку. Така адаптація ймовірно базується не лише на когнітивних оцінках успішності, а й на інтеграції статистичних регулярностей середовища. По-друге, позитивний зв'язок між частотою фіолетових стимулів та правильною ідентифікацією свідчить про чутливість перцептивної системи до контекстуального впливу, навіть за умов постійного підкріплення. Зрештою, результати обох моделей узгоджено підтверджують, що категоріальні судження — це не фіксовані реакції, а динамічні конструкції, чутливі до розподілу стимулів у середовищі, й така гнучкість не компенсується простим зворотним зв'язком.

### **3.3. Загальний огляд результатів комбінованого аналізу першого та другого експериментів**

У комбінованому аналізі було проведено узагальнену лінійну змішану модель (GLMM) з використанням логістичної регресії, де як фіксовані ефекти були включені змінні `Percent_purple` (частка/процент фіолетових стимулів в кожній сесії), `Feedback` (зворотній зв'язок), вік учасників та взаємодія `Percent_purple × Feedback`, а як випадковий ефект — перехоплення на рівні учасників (`Participant`). Модель була оцінена за допомогою Laplace-апроксимації (контроль через `bobuqa` оптимізатор), і включала 44000 спостережень для 55 учасників. Значення AIC становило 3754.8, BIC — 3806.9,

$\log\text{Lik} = -1871.4$ , а  $-2*\log(\text{Likelihood}) = 3742.8$ , що вказує на добру відповідність моделі даним.

Аналіз фіксованих ефектів показав, що інтерсепт був високим і значущим (Estimate = 5.444, SE = 0.840,  $z = 6.479$ ,  $p < 0.001$ ), що вказує на високу базову ймовірність відповіді без урахування предикторів. Змінна Percent\_purple мала сильно негативний і високозначущий ефект (Estimate = -12.178, SE = 0.524,  $z = -23.256$ ,  $p < 0.001$ ), що свідчить про те, що зі зменшенням частки фіолетових стимулів ймовірність певного рішення (залежно від задачі — РССІ або LPE) різко змінювалася. Фактор Feedback також мав значущий негативний ефект (Estimate = -6.466, SE = 0.403,  $z = -16.042$ ,  $p < 0.001$ ), вказуючи на те, що наявність зворотного зв'язку суттєво модифікувала патерни відповідей. Вік учасників (age) виявився несуттєвим предиктором (Estimate = -0.007, SE = 0.029,  $z = -0.260$ ,  $p = 0.795$ ), що демонструє відсутність впливу віку в межах досліджуваної вибірки. Взаємодія між Percent\_purple і Feedback була сильно позитивною і високозначущою (Estimate = 14.990, SE = 0.611,  $z = 24.527$ ,  $p < 0.001$ ), що свідчить про модулюючий ефект зворотного зв'язку на зв'язок між частотою фіолетових стимулів і типом рішень.

Щодо випадкових ефектів, дисперсія випадкового перехоплення на рівні учасників становила 1.47 (SD = 1.212), що вказує на помірний рівень міжіндивідуальної варіабельності.

Перехід до байєсівського аналізу за допомогою моделі brms показав загалом узгоджені результати, однак надав додаткову інформацію щодо розподілу ймовірностей оцінок. Модель мала 44000 спостережень, і для кожної регресійної оцінки наводились довірчі інтервали 95% (1-95% CI – u-95% CI), що дає можливість оцінити невизначеність.

Гіперпараметри для випадкових ефектів свідчили про наявність варіабельності між учасниками: стандартне відхилення для перехоплення РССІ

було 0.68 (SE = 0.08, 95% CI [0.54, 0.84]), а для LPE — 0.78 (SE = 0.09, 95% CI [0.62, 0.96]), обидва показники з хорошими значеннями конвергенції (Rhat  $\approx$  1.01).

Фіксовані ефекти для РССІ-процесу вказували на негативний інтерсепт (Estimate = -0.63, SE = 0.47, 95% CI [-1.50, 0.34]), що показує загальну тенденцію до меншої ймовірності класифікації в умовах базової задачі. Percent\_purple мав виражений негативний ефект на ймовірність РССІ (Estimate = -4.93, SE = 0.16, 95% CI [-5.25, -4.63]), що свідчить про зниження ймовірності класифікації фіолетових стимулів у відповідності зі зменшенням їх частки. Feedback також мав негативний вплив на РССІ (Estimate = -3.23, SE = 0.20, 95% CI [-3.62, -2.85]). Взаємодія Percent\_purple і Feedback була позитивною і дуже сильною (Estimate = 8.00, SE = 0.26, 95% CI [7.49, 8.50]), що підтверджує, що фідбек модифікує вплив частоти фіолетових стимулів.

Для процесу LPE ситуація була дзеркальною: інтерсепт був значно нижчим (Estimate = -5.78, SE = 0.55, 95% CI [-6.81, -4.65]), що відповідає низькій базовій ймовірності переходу до LPE без урахування чинників. Percent\_purple мав позитивний ефект (Estimate = 5.54, SE = 0.28, 95% CI [5.00, 6.08]), тоді як Feedback також мав позитивний вплив (Estimate = 2.19, SE = 0.25, 95% CI [1.68, 2.66]). Взаємодія Percent\_purple і Feedback була негативною (Estimate = -4.28, SE = 0.32, 95% CI [-4.90, -3.63]), що означає, що при наявності фідбеку ефект частоти фіолетових стимулів на LPE зменшувався.

Значення Rhat для всіх параметрів були близькими до 1.00–1.02, що свідчить про стабільну конвергенцію ланцюгів. Показники Bulk ESS та Tail ESS для основних предикторів були в межах адекватності, хоча для деяких інтерсептів вони були дещо зниженими, що потенційно вимагає збільшення кількості ітерацій для повнішого аналізу (що й відзначено у попередженні).

Таким чином, результати обох моделей конвергентно свідчать про те, що зменшення частки фіолетових стимулів значно впливало на рішення учасників, але цей вплив суттєво модулювався наявністю або відсутністю зворотного зв'язку. Зворотний зв'язок знижував поширення Prevalence-Induced Concept Change (PCCI) і водночас сприяв переходу до Low Prevalence Effect (LPE), демонструючи адаптивну зміну критерію рішення залежно від умов завдання.

Також був проведений додатковий аналіз, який фокусується на визначенні ваги компонентів судження — зокрема, частоти фіолетових стимулів та діапазону відтінків кольору, який графічно представлений на рисунку 3.3. Цей аналіз проводився за логікою, що оцінка або рішення залежить від контекстуальних характеристик стимулів, зокрема, частоти фіолетових стимулів, ймовірної неоднозначності, а також діапазону відтінків кольору. Враховуючи ці фактори, було застосовано контекстуальну регресійну модель, в якій реконструювалася кожна суб'єктивна відповідь (чи класифікується стимул як фіолетовий) через рівняння логіт-функції за формулою 3.1:

$$P(\text{Purple}|x) = \text{logit}^{-1}(\beta_0 + \beta_R \cdot R(x) + \beta_F \cdot F(x))$$

де  $P(\text{Purple}|x)$  — ймовірність класифікації як фіолетового стимулу,

$\beta_0$  — початковий коефіцієнт (інтерцепт),

$R(x)$  — фактор діапазону відтінків кольору,

$F(x)$  — фактор частоти фіолетових стимулів.

*Формула 3.1*

Ця модель дозволила змоделювати вплив контекстуальних змінних на процес судження.

Після побудови цієї моделі, було обчислено ваги для кожного з атрибутів (діапазон кольору та частота фіолетових стимулів) як відношення коефіцієнтів  $\beta_R$  та  $\beta_F$  до їхньої суми за формулою 3.2:

Формула

3.2

$$w = \frac{\beta_R}{\beta_R + \beta_F}$$

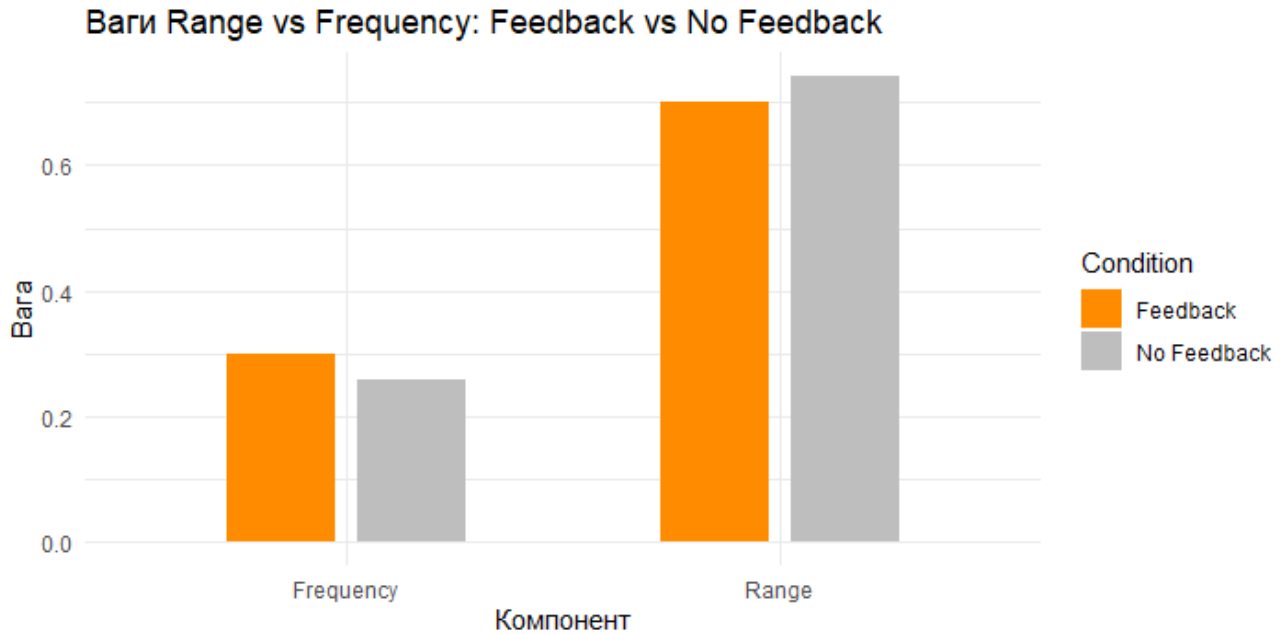
Де  $w$  – вага

$\beta_R$  – коефіцієнт діапазону відтінків кольорів

$\beta_F$  – коефіцієнт частоти фіолетових стимулів

Цей підхід дозволяє кількісно оцінити, наскільки кожен з факторів (діапазон кольору чи частота фіолетових стимулів) впливає на процес класифікації стимулів. Результати моделювання показали, що зворотний зв'язок змінює ваги цих факторів, зокрема в умовах, де частота фіолетових стимулів та їх відтінки мають різний вплив на кінцеве рішення.

Зокрема, для умов без фідбеку вага атрибута "Range" (діапазону відтінків кольору) становила 0.7423, що вказує на більший вплив цього фактора на класифікацію, порівняно з атрибутом "Frequency" (частота фіолетових стимулів), вага якого становила 0.2577. У той же час, в умовах з фідбеком, вага атрибута "Range" зменшилася до 0.6999, а вага "Frequency" збільшилася до 0.3001. Це свідчить про зміну вагового впливу кожного компонента залежно від наявності зворотного зв'язку.



*Рис. 3.3. Визначення ваги для діапазону та частоти стимулів в експериментах з наявністю та відсутністю зворотнього зв'язку*

Результати аналізу значущості, показали, що всі основні ефекти є статистично значущими. Діапазон відтінків кольору (Range) має сильний негативний ефект на ймовірність класифікації стимулу як фіолетового. Оцінка коефіцієнта для цього ефекту становить  $\beta_R = -8.1388$ , з дуже низьким р-значенням ( $p < 0.0001$ ), що свідчить про його високу значущість.

Частота фіолетових стимулів (Frequency) також має значущий негативний ефект ( $\beta_F = -3.5550$ ), з р-значенням  $p = 1.07 \times 10^{-19}$ , що підкреслює важливість цього фактору в процесі класифікації.

Наявність зворотного зв'язку (Feedback) зменшує ймовірність класифікації стимулів як фіолетові ( $\beta_{F:Feedback} = -0.8095$ ), що підтверджується р-значенням  $p = 0.0008$ , вказуючи на статистичну значущість цього ефекту.

Взаємодія між діапазоном відтінків кольору та зворотним зв'язком (Range:Feedback) також виявилася статистично значущою ( $\beta_{R:Feedback} =$

-0.9288), з р-значенням  $p = 0.0019$ , що вказує на те, що зворотний зв'язок змінює вплив діапазону відтінків кольору на класифікацію.

Зокрема, всі ці фактори є статистично значущими при дуже низьких р-значеннях, що підкреслює їхній суттєвий вплив на процеси класифікації стимулів. Ось ключові результати:  $\beta_0$  (інтерцепт) має високу значущість із р-значенням  $p < 0.0001$ , що підтверджує важливість початкового коефіцієнта моделі.

Взаємодія Range:Feedback виявляє істотний вплив, хоча і менш виражений, ніж основні ефекти. Це взаємодія має р-значення  $p = 0.0019$ , що вказує на зміну значення атрибутів залежно від наявності зворотного зв'язку.

Ці результати підтверджують важливість контекстуальних характеристик стимулів, таких як частота фіолетових стимулів і діапазон відтінків кольору, у процесах класифікації. Зокрема, зворотний зв'язок значно змінює ваги цих факторів, що дозволяє зробити висновок про динамічну адаптацію процесу судження до змінюваних умов.

Таким чином, цей аналіз дозволяє краще зрозуміти, як контекстуальні характеристики стимулів, зокрема частота фіолетових та діапазон відтінків кольору, а також вплив зворотного зв'язку, визначають процеси класифікації та прийняття рішень у досліджуваних умовах. Визначені ваги компонентів дають змогу обґрунтувати, які фактори є більш значущими для суб'єктивної оцінки стимулів у контексті завдання.

### **3.4. Обговорення результатів**

У першому експерименті без жодного зовнішнього зворотного зв'язку ми отримали надзвичайно потужне свідчення зміни концепції, зумовленої поширеністю: із падінням частоти фіолетових стимулів у межах сесії учасники почали розширювати категорію «фіолетовий», відносячи до неї навіть ті сині

або прикордонні відтінки, які за збалансованого розподілу чітко ідентифікувалися б як сині. Зменшення частки цільових стимулів спричиняє поступове зрушення категоріальної межі, що призводить до включення ширшого спектра стимулів у відповідну категорію. Виявлення цієї динаміки в умовах відсутності зовнішнього зворотного зв'язку свідчить про те, що перцептивно-категоризаційна система має здатність самостійно інтегрувати статистичні закономірності середовища та адаптивно модифікувати внутрішні моделі категоризації з метою мінімізації ризику пропуску рідкісних, але потенційно значущих ознак.

Якщо спробувати проаналізувати ці результати через призму теорії передбачувального кодування (Friston, 2010), весь цей процес можна уявити як мінімізацію сигналу помилки: оскільки фіолетових стимулів дедалі менше, мозок «передбачає» їхню появу менш охоче, але кожна поява такого сигналу створює надмірну помилку прогнозу. Щоб уникнути накопичення таких помилок, вищі коркові рівні через топ-даун вплив посилюють чутливість сенсорних зон (передусім V1 і V4) і знижують поріг спрацьовування для нейронів, чутливих до фіолетового спектра. Саме через цей механізм нормалізації — коли активність нейронних популяцій підлаштовується під статистику вхідних сигналів — нейрони, які в нормі відповідали б на чіткі фіолетові відтінки, починають «працювати» навіть на менш виразних, прикордонних синіх градаціях (Barlow, 1961; Kohn, 2007). GABA-опосередковані інгібіторні шляхи одночасно пригнічують реакцію на надмірно часті сигнали (сині відтінки) і зберігають готовність реагувати на рідкісні, зміщуючи баланс чутливості в бік дефіцитної категорії (Koh et al., 2023).

З суто когнітивної точки зору, цей самонавчальний зсув меж категоризації відображає також інтеграцію апіорних очікувань із поточним досвідом: учасники, не маючи зовнішнього фідбеку, спираються на внутрішню

«нейтральну точку» або адаптаційний рівень (Helson, 1948), який змінюється залежно від середнього значення вхідних стимулів. Оскільки ці середні значення в умовах низької поширеності будуть менш фіолетовими, внутрішній стандарт «типового фіолетового» переміщується у бік менш насичених відтінків, що й пояснює поступове зрушення психометричної функції в бік менш виразних фіолетових градацій між першою та восьмою сесіями.

Суттєва міжіндивідуальна варіабельність у випадкових інтерцептах ( $\sigma \approx 0.68$  у GLMM,  $\sigma \approx 0.74$  у brms) свідчить про те, що кожен спостерігач інтегрує власний набір попередніх уявлень і поточного контексту з різною вагою, формуючи унікальну траєкторію адаптації. Імовірно, учасники з більшою вірою у стабільність середовища (вищим довірою до апріорів) зсували межу повільніше, тоді як ті, хто більше спирався на поточні частотні підказки, змінювали її швидше. Незначущий інтерцепт (близький до нуля в обох моделях) підтверджує, що при середньому віці та частоті фіолетових стимулів початкова ймовірність помилкової класифікації не мала систематичного зсуву в один бік, отже виявлена динаміка відображає саме адаптивну корекцію контексту, а не базові упередження.

Виявлений невеликий, але статистично значущий ефект віку може свідчити про те, що з віком спостерігачі стають дещо менш гнучкими в оновленні своїх категоріальних меж, можливо через консервативніші апріорні установки або повільнішу нейропластичність. Це співвідноситься з дослідженням Devine та ін. (2020), проте, враховуючи невелику значущість цього ефекту і перекриття нуля в байєсівському інтервалі, його практичне значення обмежене, і для остаточного висновку потрібні цільові дослідження вікових змін у РІСС.

Другий експеримент дав нам змогу виявити тонкі, але надзвичайно важливі механізми адаптації перцептивного судження під впливом зовнішньої корекції. Незважаючи на те, що учасники отримували після кожного рішення точну

інформацію про його правильність, їхня поведінка не повернулася до «ідеальних» категоріальних меж. Навпаки — зі зменшенням частки фіолетових стимулів вони все активніше уникали класифікації навіть виразно фіолетових відтінків як таких, що належать до цієї категорії, і дедалі частіше визначали їх як сині. Цей систематичний зсув у бік «відмови» від класифікації рідкісної категорії — класичний ефект низької поширеності (LPE) — свідчить про те, що фідбек не нейтралізує вплив статистичної структури середовища, а лише змінює спосіб, у який ми використовуємо цю статистику.

Перш за все, сама величина позитивного ефекту вказує на наявність сильного зміщення критерію ухвалення рішення у відповідь на зміну поширеності стимулів: зростання частки фіолетового в сесії реально знижує ймовірність «пропуску» рідкісних цілей. Окрім цього, вузькі довірчі інтервали та висока збіжність ланцюгів МСМС підтверджують, що цей ефект не є артефактом шуму чи неузгодженості моделі, а стійкою характеристикою поведінки на популяційному рівні. Разом із відсутністю впливу віку це вказує на універсальність механізму — він не залежить від загальних когнітивних ресурсів чи життєвого досвіду в рамках представленої вибірки, а скоріше від загальних стратегій оптимізації рішень.

Грунтуючись на теорії виявлення сигналу (Birnbauм, 1983), ми можемо інтерпретувати це як зміну  $\beta$  — критерію ухвалення рішення. Отриманий фідбек, який заохочує точність «ні» у ситуаціях невизначеності, діє подібно до покарання за хибнопозитиви, змушуючи систему підвищувати поріг спрацьовування категорії «фіолетовий». Умовно кажучи, учасники «навчилися», що часті помилки класифікації рідкісних стимулів як цільових призводять до негативного підкріплення, і тому віддають перевагу консервативнішому рішення. Ця стратегія, хоча й зменшує кількість

хибнопозитивів, не усуває помилок другого роду — хибних відмов при зустрічі справжніх фіолетових об'єктів.

На нейрофізіологічному рівні LPE, імовірно, опосередковується взаємодією двох ключових систем. З одного боку, передбачувальне кодування (Friston, 2010) в сенсорних корках (V1–V4) створює первинну чутливість до змінної статистики: нейрони, які раніше реагували на фіолетові градації, починають «пропускати» їх, якщо їх поява стає надто рідкісною, — очевидно, через механізми нейронної нормалізації (Barlow, 1961; Kohn, 2007) і GABA-опосередковане пригнічення (Vinkers et al., 2011; Koh et al., 2023). З іншого боку, фронто-парієтальна мережа, особливо дорсолатеральна префронтальна кора та передня поясна звивина, отримує сигнали помилки від середнього мозку (через дофамінергічні шляхи), формує внутрішню оцінку вартості хибнопозитивів і через топ-даун проєкції підвищує поріг рішення у сенсорних зонах (Amso et al., 2005; Friedman & Robbins, 2022; Rolls, 2023). Цей контур моніторингу помилки — оновлення значень є основою інструментального навчання, яке легко активується фідбеком.

Крім того, динаміка стандартних решток із поодиноким максимумом до 6.86 вказує на те, що іноді трапляються «вибухові» помилки: можливо, через втому, відволікання або кратковірні сплески дофаміну, які надмірно мобілізують систему нагороди. Ці рідкісні, але високоефективні випадки можуть свідчити про внутрішню конкуренцію між двома стратегіями — консервативною (запобігти хибним позитивам) та гнучкою (не пропустити рідкісну ціль) (Latagliata et al., 2023; Kahnt & Tobler, 2016).

Факт, що індивідуальні відмінності ( $\sigma$  інтерцепта  $\approx 0.31$ ) залишаються досить помірними порівняно з ефектом кількості фіолетових стимулів у сесії, говорить про силу загального механізму: соціокультурні відмінності між учасниками не компенсують універсального прагнення системи мінімізувати вартість помилок

другого роду. Однак невеликі міжособистісні варіації можуть бути пов'язані з відмінностями у функціонуванні дофамінергічної системи, різною чутливістю GABA-опосередкованих процесів або відмінностями у здатності утримувати статистичні ймовірності в робочій пам'яті.

Нарешті, той факт, що байєсівська модель давала кращу оцінку невизначеності параметрів і підтвердила висновки класичного аналізу, свідчить про те, що стратегія учасників відповідає байєсівській оптимізації з урахуванням вартості помилок. Це означає, що мозок учасників інтегрує не лише частотні сигнали та фідбек, а й власні оцінки ризику, формуючи апостеріорні ймовірності для кожного рішення.

Можна припустити, що без фідбеку пріоритет віддається статистиці навколишнього контексту — механізмам передбачувального кодування та нормалізації, тоді як з фідбеком в гру вступають нарощені втрати від хибнопозитивів, примушуючи систему захищати себе, впроваджуючи локальне коригування порогу (LPEt). Ця подвійна архітектура дозволяє людській перцептивній системі бути одночасно гнучкою, вловлюючи навіть найрідкісніші ознаки, та обережною, коли потенційні помилки мають високу вартість.

Навіть у складнішій контекстуальній моделі з одночасним урахуванням “діапазону відтінків” та “частоти стимулів” стимулів виявляється, що учасники не просто механічно реагують на один-єдиний статистичний сигнал, а гнучко перерозподіляють увагу й ресурси залежно від наявності зовнішнього зворотного зв'язку. Конкретно, при відсутності фідбеку коефіцієнт “діапазону” істотно більший за коефіцієнт “частоти”, що означає: широкі градації кольору викликають значно більше невпевненості, учасники автоматично знижують готовність категоризувати неоднозначні стимули. У цьому випадку “діапазон” відіграє роль головного маркера надійності – адже коли спектр стимулів дуже різноманітний, сенсорна система сигналізує про високий рівень очікуваної

невизначеності, і коркові механізми адаптивного кодування (зокрема нормалізація в V1/V4) пригнічують активність щодо найбільш неоднозначних сигналів, щоб мінімізувати хибні спрацьовування (Roe et al., 2012; Zaharia et al., 2019).

Але варто лише надати учасникам регулярний фідбек, як баланс цих двох джерел інформації зміщується: вага “частоти” зростає — адже успішне зворотне підкріплення підвищує її мірну точність, зменшуючи вагу апріорних очікувань про ширину діапазону. Натомість внесок “діапазону” знижується, оскільки зовнішній сигнал про коректність класифікацій підвищує довіру до безпосередніх відомостей про ймовірність появи цільового стимулу і дозволяє спостерігачам легше ігнорувати внутрішні сигнали невизначеності. Такий динамічний перерозподіл можна пояснити в термінах байєсівського зважування маркерів: кожен коефіцієнт пропорційний «прецизійності» (зворотної дисперсії) відповідного джерела інформації. Фідбек фактично зменшує дисперсію (невизначеність) оцінки частоти, тож її вага у інтеграції зростає, а канал, пов’язаний із діапазоном, навпаки, отримує нижчу прецизійність і поступається.

Узагальнено, ми бачимо, що адаптивність судження реалізується на двох рівнях. Перший — глобальна реконфігурація меж категорій через сенсорне нормалізуюче кодування та передбачувальне кодування в ієрархічних мережах — дозволяє зберігати високу чутливість до рідкісних ознак без зовнішньої допомоги. Другий — локальне оновлення порогу ухвалення рішення, кероване зворотним зв’язком і втратами від помилкових рішень, — допомагає запобігти надмірній кількості хибнопозитивів у стресових або критичних контекстах. Подальші дослідження з поєднанням поведінкових експериментів із високочасовою нейровізуалізацією та фармакологічними втручаннями в GABA- або дофамінергічні системи можуть остаточно з’ясувати, як саме ці два

механізми реалізуються на різних рівнях мозкової архітектури та як вони взаємодіють, забезпечуючи баланс між гнучкістю та захистом у перцептивних судженнях.

### **Висновок до 3 розділу**

У третьому розділі було емпірично перевірено, як змінюються процеси категоризації перцептивного судження в залежності від поширеності стимулів і наявності зворотного зв'язку. Два експерименти дозволили виявити різні механізми адаптації судження до змін середовища.

У першому експерименті, де учасники не отримували зворотного зв'язку про правильність рішень, було продемонстровано класичний ефект зміни концепції, зумовленої поширеністю (PICC): зі зменшенням кількості фіолетових стимулів учасники починали розширювати межі категорії «фіолетовий», класифікуючи все більше синіх і прикордонних стимулів як фіолетові. Це розширення меж відбулося завдяки тому, що в умовах відсутності зовнішньої корекції система ухвалення рішень покладається на сенсорне кодування частоти та адаптивне налаштування до рідкісних стимулів. Статистичні моделі (GLMM та байєсівська багаторівнева модель) стабільно підтвердили значущий негативний ефект пропорції фіолетових стимулів на класифікаційні рішення, що свідчить про високу чутливість перцептивної системи до змін у поширеності сигналів.

У другому експерименті, де після кожної відповіді учасники отримували зворотний зв'язок, ситуація змінилася. Замість розширення категоріальних меж спостерігався ефект низької поширеності (LPE): зі зменшенням кількості фіолетових стимулів респонденти стали менш готовими відносити спостереження до рідкісної категорії. Це виявилось як зміщення критерію рішення у більш консервативний бік — рідше класифікуючи стимули як фіолетові, навіть тоді, коли це було правильним варіантом. Таким чином, фідбек

діяв як регулятор, що зміщував баланс між чутливістю та специфічністю на користь зменшення кількості хибнопозитивних відповідей.

Байєсівські аналізи доповнили ці висновки, показавши високу стабільність моделей і чіткі розподіли ймовірностей ефектів. Додаткові регресійні аналізи із факторами "діапазону відтінків" і "частоти фіолетових" показали, що у присутності фідбеку вага частоти як джерела інформації про категоризацію збільшується, тоді як вага неоднозначності самого стимулу зменшується. Це свідчить про динамічну переорієнтацію ресурсів судження залежно від найбільш інформативних джерел у кожному контексті.

Отримані результати демонструють, що перцептивне судження є гнучкою системою, яка може адаптуватися різними способами залежно від доступної зворотної інформації: без фідбеку відбувається реконфігурація самих концептуальних меж, із фідбеком — налаштування внутрішнього порогу рішення без зміни меж категорій.

## ВИСНОВКИ

Проведене дослідження комплексно висвітлює механізми зміни перцептивного судження у відповідь на контекстуальні характеристики середовища, а саме, на зміну частоти стимулів та роль зовнішнього зворотного зв'язку у модуляції цих процесів.

Теоретичний аналіз дозволив сформулювати уявлення про судження як гнучкий, контекстно-залежний процес, який базується на поєднанні сенсорної обробки даних, когнітивного прогнозування та адаптивного налаштування критеріїв рішень. Було встановлено, що перцептивне судження є динамічним балансом між накопиченням нової сенсорної інформації та інтеграцією апріорних очікувань, які постійно оновлюються залежно від статистичних характеристик середовища та цільових потреб індивіда.

Методологічна частина дослідження забезпечила надійність і валідність результатів завдяки ретельно спроектованій експериментальній парадигмі, яка дозволила варіювати ключові параметри середовища — частоту появи стимулів і наявність або відсутність фідбеку — у суворо контрольованих умовах. Використання сучасних статистичних підходів (GLMM і байєсівських багаторівневих моделей) забезпечило точність оцінок і можливість врахувати як загальні закономірності, так і індивідуальні варіації у процесах категоризації.

Емпіричні результати показали, що в умовах відсутності зовнішнього фідбеку адаптація судження реалізується через розширення категоріальних меж: спостерігачі починають включати в дефіцитну категорію навіть ті стимули, які за нормальних умов належали б до іншої категорії. Це відповідає моделі зміни концепції, зумовленої поширеністю і свідчить про активний механізм компенсації рідкості через перебудову концептуальної структури.

Натомість за умов постійного зворотного зв'язку адаптація набуває іншого характеру: замість глобальної зміни меж категорій спостерігається

локальна зміна критерію ухвалення рішення, що призводить до зниження готовності класифікувати об'єкти як належні до рідкісної категорії. Цей механізм відповідає класичному ефекту низької поширеності і підкреслює роль фідбеку як регулятора стратегій ухвалення рішень, який зміщує баланс на користь зменшення хибнопозитивних відповідей навіть за ціною підвищення кількості пропущених випадків.

Отримані результати дозволяють стверджувати, що перцептивно-категоріальне судження людини є багаторівневим і багатомодальним процесом, який одночасно використовує глобальні механізми реконфігурації концептуальних меж і локальні механізми налаштування критерію рішення залежно від доступної інформації. Адаптація відбувається не лише на когнітивному рівні, але й через гнучке переналаштування сенсорних механізмів і процесів нормалізації нейронної активності.

Загалом, дослідження зробило вагомий внесок у розуміння того, як когнітивна система людини забезпечує баланс між чутливістю до рідкісних ознак і стабільністю категоріальних рішень у змінних умовах середовища. Отримані дані відкривають перспективи для подальших досліджень часової динаміки цих процесів, їхньої модальності, нейрофізіологічних основ, а також їхнього прикладного використання у сферах візуального скринінгу, судової психології, навчання та діагностики.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бідюк, П. І., Тимощук, О. Л., Коваленко, А. Є., & Коршевніюк, Л. О. (2022). Системи і методи підтримки прийняття рішень.
2. Благодар, Л. М. (2016). Нейроекономічні механізми прийняття управлінських рішень (Doctoral dissertation, ВНТУ).
3. Канеман, Д., Словик, П., & Тверський, А. (2005). Прийняття рішень у невизначеності: Правила та упередження. *Харків: Гуманітарний центр*.
4. Полунін, О. (2010). Прийняття рішення: вклад психологів у розвиток наукового напрямку. *Соціальна психологія*, (3), 29-43.
5. Шиделко, А. В. (2025, March). БІОЛОГІЧНІ ТА ЕВОЛЮЦІЙНІ ОСНОВИ КОГНІТИВНИХ ВИКРИВЛЕНЬ: МЕХАНІЗМИ ФОРМУВАННЯ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ. In The 8 th International scientific and practical conference “Science and technology: challenges, prospects and innovations”(March 28-30, 2025) CPN Publishing Group, Osaka, Japan. 2025. 535 p. (p. 362).
6. Ahn, B. S. (2017). Approximate weighting method for multiattribute decision problems with imprecise parameters. *Omega*, 72, 87-95.
7. Amso, D., Davidson, M. C., Johnson, S. P., Glover, G., & Casey, B. J. (2005). Contributions of the hippocampus and the striatum to simple association and frequency-based learning. *Neuroimage*, 27(2), 291-298.
8. Ariely, D., & Wallsten, T. S. (1995). Seeking subjective dominance in multidimensional space: An explanation of the asymmetric dominance effect. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 63(3), 223-232.
9. Ashinoff, B. K., Buck, J., Woodford, M., & Horga, G. (2022). The effects of base rate neglect on sequential belief updating and real-world beliefs. *PLOS Computational Biology*, 18(12), e1010796.

10. Barlow, H. B. (1961). Possible principles underlying the transformation of sensory messages. *Sensory communication*, 1(01), 217-233.
11. Birnbaum, M. H. (1983). Base rates in Bayesian inference: Signal detection analysis of the cab problem. *The American Journal of Psychology*, 85-94.
12. Bürkner, P. C. (2017). brms: An R package for Bayesian multilevel models using Stan. *Journal of statistical software*, 80, 1-28.
13. Campbell, D. T., & Stanley, J. C. (2015). *Experimental and quasi-experimental designs for research*. Ravenio books.
14. Carandini, M., & Heeger, D. J. (2012). Normalization as a canonical neural computation. *Nature reviews neuroscience*, 13(1), 51-62.
15. Devine, S., Neumann, C., Levari, D., Wilson, R., & Eppinger, B. (2020). Prevalence-induced concept change in older adults. *In Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society* (Vol. 42).
16. Enke, B., Graeber, T., & Oprea, R. (2025). Complexity and time. *Journal of the European Economic Association*, jvaf009.
17. Fennell, J., & Baddeley, R. (2012). Uncertainty plus prior equals rational bias: An intuitive Bayesian probability weighting function. *Psychological Review*, 119(4), 878.
18. Fischer, G. W. (1995). Range sensitivity of attribute weights in multiattribute value models. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 62(3), 252-266.
19. Fornaciai, M., & Park, J. (2018). Attractive serial dependence in the absence of an explicit task. *Psychological Science*, 29(3), 437-446.
20. Friedman, N. P., & Robbins, T. W. (2022). The role of prefrontal cortex in cognitive control and executive function. *Neuropsychopharmacology*, 47(1), 72-89.

21. Friston, K. (2010). The free-energy principle: a unified brain theory?. *Nature reviews neuroscience*, *11*(2), 127-138.
22. Gelman, A., & Hill, J. (2007). *Data analysis using regression and multilevel/hierarchical models*. Cambridge university press.
23. Gigerenzer, G. (2007). *Gut feelings: The intelligence of the unconscious*. Penguin.
24. Gigerenzer, G., & Goldstein, D. G. (1996). Reasoning the fast and frugal way: Models of bounded rationality. *Psychological Review*, *103*(4), 650–669.
25. Gluck, M. A., & Bower, G. H. (1988). From conditioning to category learning: an adaptive network model. *Journal of Experimental Psychology: General*, *117*(3), 227.
26. Goodie, A. S., & Young, D. L. (2007). The skill element in decision making under uncertainty: Control or competence? *Judgment and Decision Making*, *2*(3), 189–203.
27. Han, S., & Dobbins, I. G. (2009). Regulating recognition decisions through incremental reinforcement learning. *Psychonomic Bulletin & Review*, *16*, 469-474.
28. Hatefi, M. A. (2023). An Improved Rank Order Centroid Method (IROC) for Criteria Weight Estimation: An Application in the Engine/Vehicle Selection Problem. *Informatika*, *34*(2), 249–270.
29. Heath, C., & Tversky, A. (1991). Preference and belief: Ambiguity and competence in choice under uncertainty. *Journal of Risk and Uncertainty*, *4*(1), 5–28.
30. Heim, S., Peiseler, N., & Bekemeier, N. (2020). "Few" or "Many"? An Adaptation Level Theory Account for Flexibility in Quantifier Processing. *Frontiers in psychology*, *11*, 382.

31. Helson, H. (1948). Adaptation-level as a basis for a quantitative theory of frames of reference. *Psychological review*, 55(6), 297.
32. Howe, P. D. L., Perfors, A., Walker, B., Kashima, Y., & Fay, N. (2022). Base rate neglect and conservatism in probabilistic reasoning: Insights from eliciting full distributions. *Judgment and Decision Making*, 17(5), 962-987.
33. Hsu, S. M. (2021). A neural-based account of sequential bias during perceptual judgment. *Psychonomic Bulletin & Review*, 28(4), 1051-1059.
34. Huang, J., He, X., Ma, X., Ren, Y., Zhao, T., Zeng, X., ... & Chen, Y. (2018). Sequential biases on subjective judgments: Evidence from face attractiveness and ringtone agreeableness judgment. *Plos one*, 13(6), e0198723.
35. Huber, J., Payne, J. W., & Puto, C. (1982). Adding asymmetrically dominated alternatives: Violations of regularity and the similarity hypothesis. *Journal of consumer research*, 9(1), 90-98.
36. Jin, M., & Glickfeld, L. L. (2020). Magnitude, time course, and specificity of rapid adaptation across mouse visual areas. *Journal of Neurophysiology*, 124(1), 245-258.
37. Kahnt, T., & Tobler, P. N. (2016). Dopamine regulates stimulus generalization in the human hippocampus. *Elife*, 5, e12678.
38. Katsikopoulos, K. V., & Fasolo, B. (2006). New tools for decision analysts. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-Part A: Systems and Humans*, 36(5), 960-967.
39. Khan, I., & Khan, M. A. (2022). Sensory and perceptual alterations. In *StatPearls [Internet]*. StatPearls Publishing.
40. Koehler, J. J. (1996). The base rate fallacy reconsidered: Descriptive, normative, and methodological challenges. *Behavioral and brain sciences*, 19(1), 1-17.

41. Koh, W., Kwak, H., Cheong, E., & Lee, C. J. (2023). GABA tone regulation and its cognitive functions in the brain. *Nature Reviews Neuroscience*, *24*(9), 523-539.
42. Kohn, A. (2007). Visual adaptation: physiology, mechanisms, and functional benefits. *Journal of neurophysiology*, *97*(5), 3155-3164.
43. Kruschke, J. K. (1996). Base rates in category learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *22*(1), 3.
44. Latagliata, E. C., Orsini, C., Cabib, S., Biagioni, F., Fornai, F., & Puglisi-Allegra, S. (2023). Prefrontal Dopamine in Flexible Adaptation to Environmental Changes: A Game for Two Players. *Biomedicines*, *11*(12), 3189.
45. Levari, D. E. (2022). Range-frequency effects can explain and eliminate prevalence-induced concept change. *Cognition*, *226*, 105196.
46. Levari, D. E., Gilbert, D. T., Wilson, T. D., Sievers, B., Amodio, D. M., & Wheatley, T. (2018). Prevalence-induced concept change in human judgment. *Science*, *360*(6396), 1465-1467.
47. L Griffiths, T., Kemp, C., & B Tenenbaum, J. (2008). Bayesian models of cognition.
48. Lyu, W., Levari, D. E., Nartker, M. S., Little, D. S., & Wolfe, J. M. (2021). Feedback moderates the effect of prevalence on perceptual decisions. *Psychonomic Bulletin & Review*, *28*(6), 1906-1914.
49. Mather, G., Pavan, A., Campana, G., & Casco, C. (2008). The motion aftereffect reloaded. *Trends in cognitive sciences*, *12*(12), 481-487.
50. Mellers, B. A., Chang, S. J., Birnbaum, M. H., & Ordonez, L. D. (1992). Preferences, prices, and ratings in risky decision making. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *18*(2), 347.
51. Moore, D. A., & Healy, P. J. (2008). The trouble with overconfidence. *Psychological Review*, *115*(2), 502–517.

52. Myers, C. E., Interian, A., & Moustafa, A. A. (2022). A practical introduction to using the drift diffusion model of decision-making in cognitive psychology, neuroscience, and health sciences. *Frontiers in Psychology, 13*, 1039172.
53. Nowlis, S. M., & Simonson, I. (1997). Attribute-Task Compatibility as a Determinant of Consumer Preference Reversals. *Journal of Marketing Research, 34*(2), 205–218.
54. Ordóñez, L. D., Mellers, B. A., Chang, S. J., & Roberts, J. (1995). Are preference reversals reduced when made explicit?. *Journal of Behavioral Decision Making, 8*(4), 265-277.
55. Pachur, T., Todd, P. M., Gigerenzer, G., Schooler, L. J., & Goldstein, D. G. (2011). The recognition heuristic: A review of theory and tests. *Frontiers in Psychology, 2*, 147.
56. Parducci, A. (1965). Category judgment: A range-frequency model. *Psychological Review, 72*(6), 407–418.
57. Parducci, A. (1995). *Happiness, pleasure, and judgment: The contextual theory and its applications*. Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
58. Peirce, J., Gray, J. R., Simpson, S., MacAskill, M., Höchenberger, R., Sogo, H., ... & Lindeløv, J. K. (2019). PsychoPy2: Experiments in behavior made easy. *Behavior research methods, 51*, 195-203.
59. Pennycook, G., Newton, C., & Thompson, V. A. (2022). Base-rate neglect. *In Cognitive illusions* (pp. 44-60). Routledge.
60. Pöyhönen, M., & Hämäläinen, R. P. (2001). On the convergence of multiattribute weighting methods. *European journal of operational research, 129*(3), 569-585.
61. Rescorla, M. (2021). Bayesian modeling of the mind: From norms to neurons. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science, 12*(1), e1540.

62. Rhodes, G., & Leopold, D. A. (2011). Adaptive norm-based coding of face identity. *The Oxford handbook of face perception*, 263-286.
63. Roe, A. W., Chelazzi, L., Connor, C. E., Conway, B. R., Fujita, I., Gallant, J. L., ... & Vanduffel, W. (2012). Toward a unified theory of visual area V4. *Neuron*, 74(1), 12-29.
64. Rolls, E. T. (2023). Emotion, motivation, decision-making, the orbitofrontal cortex, anterior cingulate cortex, and the amygdala. *Brain Structure and Function*, 228(5), 1201-1257.
65. Russo, J. E., & Kolzow, K. J. (1994). Where is the fault in fault trees?. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 20(1), 17.
66. Samaha, J., Iemi, L., & Postle, B. R. (2017). Prestimulus alpha-band power biases visual discrimination confidence, but not accuracy. *Consciousness and cognition*, 54, 47-55.
67. Solomon, S. G., & Kohn, A. (2014). Moving sensory adaptation beyond suppressive effects in single neurons. *Current biology*, 24(20), R1012-R1022.
68. Steinert-Threlkeld, S. (2021). Quantifiers in natural language: Efficient communication and degrees of semantic universals. *Entropy*, 23(10), 1335.
69. Tversky, A., & Koehler, D. J. (1994). Support theory: A nonextensional representation of subjective probability. *Psychological review*, 101(4), 547.
70. Tversky, A., Sattath, S., & Slovic, P. (1988). Compatibility effects in judgment and choice. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 42(2), 174–187.
71. Tversky, A., & Simonson, I. (1992). Choice in context: Tradeoff contrast and extremeness aversion. *Journal of Marketing Research*, 29(3), 281–295
72. Tversky, A., & Simonson, I. (1993). Context-dependent preferences. *Management science*, 39(10), 1179-1189.

73. Vinkers, C. H., Olivier, B., Hanania, T., Min, W., Schreiber, R., Hopkins, S. C., ... & Paterson, N. (2011). Discriminative stimulus properties of GABAA receptor positive allosteric modulators TPA023, ocinaplon and NG2-73 in rats trained to discriminate chlordiazepoxide or zolpidem. *European journal of pharmacology*, 668(1-2), 190-193.
74. Wark, B., Lundstrom, B. N., & Fairhall, A. (2007). Sensory adaptation. *Current opinion in neurobiology*, 17(4), 423-429.
75. Wallsten, T. S. (Ed.). (2024). *Cognitive processes in choice and decision behavior*. Taylor & Francis.
76. Webster, M. A. (2015). Visual adaptation. *Annual review of vision science*, 1(1), 547-567.
77. Wedell, D. H., & Pettibone, J. C. (1996). Using judgments to understand decoy effects in choice. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 67(3), 326-344.
78. Witt, K. M., & Macaskill, A. C. (2022). Choices about whether to wait: Changes in delay discounting without changes in time perception. *Behavioural Processes*, 200, 104696.
79. Wolfe, J. M., Brunelli, D. N., Rubinstein, J., & Horowitz, T. S. (2013). Prevalence effects in newly trained airport checkpoint screeners: Trained observers miss rare targets, too. *Journal of vision*, 13(3), 33-33.
80. Zaharia, A. D., Goris, R. L., Movshon, J. A., & Simoncelli, E. P. (2019). Compound stimuli reveal the structure of visual motion selectivity in macaque MT neurons. *Eneuro*, 6(6).