

Огурцов Сергій 

викладач кафедри мультимедійного дизайну
Харківської державної академії дизайну і
мистецтв,
Харків, Україна

email: o.s.441977@gmail.com

Ohurtsov Serhii 

Lecturer at the Department of Multimedia Design,
Kharkiv State Academy of Design and Arts,
Kharkiv, Ukraine

email: o.s.441977@gmail.com

ВПЛИВ МІКРОАНІМАЦІЇ НА СПРИЙНЯТТЯ ВАГИ ВІРТУАЛЬНИХ ОБ'ЄКТІВ У ВІДЕОІГРАХ

У статті розглянуто проблему теоретичного осмислення мікроанімації як інструменту формування ілюзії ваги віртуальних об'єктів у відеоіграх. В контексті відеоігор мікроанімація розглядається як центральний елемент більш широкого кола прийомів та засобів (тремтіння камери, частинки, звукові акценти тощо), які виступають в якості супровідного мультимодального фідбеку, що підсилює дію мікроанімації, але не тотожні їй. Актуальність аналізу зумовлена тим, що сучасний ігровий дизайн дедалі частіше спирається на дрібні, майже непомітні анімаційні та інші допоміжні деталі, тоді як системного зв'язку між цими прийомами й психофізичними механізмами сприйняття ваги в науковій літературі бракує.

Метою статті є розроблення авторської концептуальної моделі й класифікації типів мікроанімації, що впливають на сприйняття ваги віртуальних об'єктів, та формулювання гіпотез для подальшої емпіричної перевірки.

Методи. Проаналізовано три групи джерел — класичну теорію анімації, дослідження ігрового відчуття (game feel) і «соковитості» (juiciness), а також психофізику сприйняття ваги, зокрема ілюзію «розмір-вага» і псевдогаптичні дослідження у віртуальній реальності; на основі їх зіставлення побудовано чотирирівневу класифікацію сигналів ваги — від власне кінематичної мікроанімації до контекстного мультимодального фідбеку. Запропоновано також концептуальну модель перцептивної інтеграції цих сигналів гравцем і чотири гіпотези щодо співвідношення тривалості супровідної фази руху, конгруентності мультимодальних сигналів і сприйнятої ваги об'єкта.

Наукова новизна роботи полягає в синтезі розрізнених теоретичних напрямів у єдину прикладну модель, придатну для використання в практиці ігрового дизайну та подальших емпіричних досліджень.

Результати. Аналіз виокремлює чотири рівні сигналів, які формують сприйняття ваги віртуальних об'єктів: кінематичні сигнали (стискання й розтягування, таймінг, траєкторії руху), вторинні / інерційні сигнали (післядія руху, перекривання дії), зворотний зв'язок під час удару (тремтіння камери, частинки, зупинка кадру, звук) та контекстуальні сліди взаємодії з довкіллям (деформація поверхні, пил, тінь). Концептуальна модель описує, як гравець інтегрує ці сигнали в єдине судження про вагу, залежне від їхньої узгодженості. Сформульовано чотири гіпотези, що стосуються тривалості післядії руху, криволінійного зв'язку між інтенсивністю зворотного зв'язку та сприйнятою вагою, відносної прогностичної сили таймінгу порівняно з амплітудою деформації та важливості узгодженості сигналів порівняно з їхньою кількістю.

Висновки. Запропоновані класифікація та модель поєднують раніше не пов'язані між собою дослідницькі напрями в єдину орієнтовану на дизайн концептуальну основу, придатну для практики ігрової анімації та дизайн-освіти, водночас потребуючи подальшої емпіричної перевірки за допомогою контрольованих досліджень користувачів.

Ключові слова: мікроанімація; ігровий дизайн; сприйняття ваги; ігрове відчуття (game feel); віртуальні об'єкти; мультимодальний фідбек; соковитість (juiciness).

THE EFFECT OF MICRO-ANIMATION ON THE PERCEPTION OF THE WEIGHT OF VIRTUAL OBJECTS IN VIDEO GAMES

The article examines the problem of the theoretical understanding of micro-animation as a tool for creating the illusion of weight in virtual objects in video games. In the context of video games, micro-animation is considered a central element within a broader range of techniques and devices (camera shake, particles, audio cues, etc.) that function as supplementary multimodal feedback, enhancing the effect of micro-animation but not being identical to it. The relevance of the analysis stems from the fact that contemporary game design increasingly relies on small, almost imperceptible animation and other supporting details, while the scientific literature lacks a systematic account of the relationship between these techniques and the psychophysical mechanisms underlying the perception of weight.

The purpose of the article is to develop an original conceptual model and classification of micro-animation types that influence the perception of the weight of virtual objects, and to formulate hypotheses for further empirical testing.

Methods. Three groups of sources were analyzed: classical animation theory, studies of game feel and juiciness, and psychophysics of weight perception, including the size–weight illusion and pseudo-haptic research in virtual reality. Based on their comparison, a four-level classification of weight cues was developed, ranging from micro-animation itself at the kinematic level to contextual multimodal feedback. A conceptual model of players' perceptual integration of these cues was also proposed, along with four hypotheses concerning the relationship between the duration of the accompanying motion phase, multimodal signal congruence, and the perceived weight of an object.

Scientific novelty lies in synthesizing previously disparate theoretical approaches into a unified applied model suitable for use in game design practice and further empirical research.

Results. The analysis identifies four levels of cues that shape the perception of the weight of virtual objects: kinematic cues (squash and stretch, timing, and motion trajectories); secondary/inertial cues (motion follow-through and overlapping action); impact feedback (camera shake, particles, frame freeze, and sound); and contextual traces of interaction with the environment (surface deformation, dust, and shadows). The conceptual model describes how players integrate these cues into a unified judgment of weight, depending on their consistency. Four hypotheses are formulated concerning the duration of motion follow-through, the non-linear relationship between feedback intensity and perceived weight, the relative predictive power of timing compared with deformation amplitude, and the importance of cue consistency compared with the number of cues.

Conclusions. The proposed classification and model bring together previously unrelated research areas into a unified, design-oriented conceptual framework suitable for game animation practice and design education, while requiring further empirical validation through controlled user studies.

Keywords: micro-animation; game design; weight perception; game feel; virtual objects; multimodal feedback; juiciness.

Постановка проблеми та її зв'язок з важливими науковими чи практичними завданнями. Сучасний відеоігровий дизайн усе частіше конкурує не лише на рівні механік чи наративу, а на рівні відчуттів, що виникають у гравця в найкоротший проміжок часу — між натисканням кнопки та реакцією об'єкта на екрані. Саме цей проміжок заповнює мікроанімація: короткі, часто менш ніж секундні деформації форми, зсу-

ви (перенесення) ваги персонажа (weight shifting), тремтіння каменю після удару, інерційне коливання підвішеного предмета. Гравець рідко усвідомлює ці деталі, однак саме вони формують інтуїтивне враження про фізичні властивості віртуального об'єкта, зокрема про його вагу.

Проблема полягає в тому, що знання про роль мікроанімації у формуванні відчуття ваги розподілені між кількома дисциплінарними га-

лузями, які традиційно розвиваються паралельно й рідко перетинаються в українськомовному науковому дискурсі дизайну. З одного боку, існує майже столітня традиція класичної анімації, яка розробила прикладні прийоми — стиснення й розтягнення форми, випередження руху, супровідну фазу, — спрямовані на створення ілюзії маси та фізичності персонажа (Thomas & Johnston, 1981; Lasseeter, 1987; Колесник, 2024). З іншого боку, психофізика запропонувала точні експериментальні моделі того, як людина оцінює вагу об'єкта на основі зорових ознак розміру, матеріалу й освітленості (Charpentier, 1891; Buckingham, Goodale, White, & Westwood, 2016). Третій масив досліджень — теорія ігрового відчуття (game feel) і «соковитості» (juiciness) — описує, як шари аудіо-візуального фідбеку впливають на суб'єктивну переконливість взаємодії гравця з грою (Swink, 2009; Hicks, Dickinson, Holopainen, & Gerling, 2018; Као, 2020).

Розбіжність між цими напрямками створює цілком практичну проблему: дизайнери інтерфейсів та аніматори здебільшого покладаються на інтуїцію та професійний досвід, підбираючи параметри мікроанімації методом проб і помилок, тоді як психофізичні дослідження ваги практично не враховують специфіку ігрового середовища та мову анімації. Водночас для розробки відеоігор ця проблема має безпосереднє практичне значення: вага віртуального об'єкта — один із головних атрибутів, що визначає переконливість ігрового світу, зрозумілість механік та загальну якість взаємодії гравця з інтерфейсом.

Актуальність статті зумовлена, таким чином, потребою побудувати теоретичний міст між класичною теорією анімації, психофізикою сприйняття ваги та сучасною теорією ігрового фідбеку, а також запропонувати дизайн-орієнтовану класифікацію, придатну для практичного застосування та подальшої емпіричної перевірки.

Аналіз основних досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання окресленої проблеми. Класична теорія анімації сформувалася у студії Волта Диснея у 1930–1940-х роках і була систематизована аніматорами Ф. Томасом та О. Джонстоном у книзі «The Illusion of Life: Disney Animation» (Thomas & Johnston, 1981; Мараховська, 2019). Дванадцять принципів, викладених у цій праці, зокрема стиснення й розтягнення

форми (squash and stretch), випередження руху (anticipation), супровідна фаза та перекриття рухів (follow-through and overlapping action), таймінг (timing) і дугові траєкторії (arcs), були розроблені для мальованої анімації, однак Дж. Лассетер у програмній статті для ACM SIGGRAPH показав, що ці ж принципи безпосередньо застосовні до тривимірної комп'ютерної анімації та інтерактивних середовищ (Lasseeter, 1987), що зробило їх фактичним стандартом для сучасного ігрового аніматора.

Паралельно в індустрії відеоігор сформувався пласт прийомів, який позначають терміном «соковитість» (juiciness). Термін увійшов у професійний обіг завдяки статті К. Гейбл, Ш. Шодхана, М. Кучіца та К. Грея «How to Prototype a Game in Under 7 Days» (2005), де соковитим було названо елемент гри, що демонструє помітну, часто надлишкову реакцію — підстрибування, тремтіння, розбризкування — у відповідь на дію гравця. С. Свінк у книзі «Game Feel: A Game Designer's Guide to Virtual Sensation» систематизував це явище в межах ширшого поняття «ігрового відчуття» — сукупного враження контрольованості, відповідності дій і задоволення від взаємодії з грою (Swink, 2009), підкресливши, що соковитість є лише одним, хоча й помітним, компонентом game feel.

К. Хікс зі співавторами на основі опитування сімнадцяти розробників ігор побудували емпірично обґрунтовану рамку соковитого дизайну (Hicks, Dickinson, Holopainen, & Gerling, 2018), що охоплює три складові: характеристики гри, стан гри та прямий фідбек (тремтіння камери, частинки, звукові акценти, зупинка кадру в момент удару). У пізнішому експериментальному дослідженні (Hicks, Gerling, Richardson, Pike, Burman, & Dickinson, 2019) автори показали, що додавання надлишкових, функціонально не обов'язкових візуальних прикрас підвищує відчуття контролю гравця, однак вплив на відчуття компетентності виявився залежним від контексту гри. Принципово суттєвим для подальшого формулювання гіпотез є результат Д. Као: у масштабному експериментальному дослідженні action-RPG (N = 3018) виявлено, що як повна відсутність соковитих ефектів, так і їхня надмірна кількість погіршують суб'єктивний досвід гравця, тривалість гри та показники результативності порівняно з поміркованим рівнем (Као, 2020). До подібного висновку

раніше дійшли Дж. Джуул і Дж. Беджі, які експериментально довели, що корисність соковитого інтерфейсного фідбеку для гравців різного рівня майстерності неоднакова (Juul & Begu, 2016; Saffer, 2013).

Третій масив релевантних досліджень становить експериментальна психофізика сприйняття ваги. Ще у 1891 році О. Шарпентьє експериментально описав ілюзію «розмір-вага» (size-weight illusion): з двох об'єктів однакової маси менший за розміром систематично сприймається важчим (Charpentier, 1891). Пізніші дослідження Дж. Бакінгема із співавторами підтвердили, що ця ілюзія виникає навіть за відсутності стійких категоріальних очікувань щодо матеріалу об'єкта, а отже, керується передусім самим фактом розбіжності розмірів (Buckingham, Goodale, White, & Westwood, 2016). М. Плазье та Я. Смітс експериментально показали, що ефект розміру на сприйняття ваги зберігається навіть тоді, коли видимий обсяг матеріалу лишається незмінним, тобто очікування ваги формується на основі зовнішнього габариту форми, а не лише видимої кількості речовини (Plaisier & Smeets, 2015; Kim & Lee, 2021; Shimamura, Shimomura, Ban, Ujitoko & Warisawa, 2024).

Перенесення цих закономірностей у цифрове середовище підтверджують дослідження псевдогаптики у віртуальній реальності (pseudo-haptic weight studies). М. Самад із співавторами експериментально показали, що зміна співвідношення «керування-відображення» — розбіжність між реальним рухом руки користувача та видимим переміщенням віртуального об'єкта — самостійно змінює суб'єктивне відчуття ваги предмета за відсутності будь-якої фізичної зміни (Samad, Gatti, Hermes, Benko, & Parise, 2019). Попри переваги кожного з трьох розглянутих напрямів — класичної анімації, теорії ігрового відчуття та психофізики ваги, — жодне з вивчених джерел не пропонує їх цілісного синтезу у вигляді прикладної класифікації, орієнтованої на потреби ігрового дизайну. Саме цю прогалину покликана заповнити пропонована стаття.

Формулювання цілей та завдань статті. Метою статті є теоретичне обґрунтування ролі мікроанімації у формуванні сприйняття ваги віртуальних об'єктів у відеоіграх та розроблення на цій основі авторської концептуальної моделі й класифікації, придатних для практики ігрового дизайну і подальшої емпіричної перевірки.

Для досягнення мети поставлено такі завдання:

1) систематизувати теоретичні засади класичної анімації, теорії ігрового відчуття та психофізики сприйняття ваги, релевантні для проблеми дослідження;

2) розробити класифікацію типів сигналів, що формують сприйняття ваги віртуального об'єкта (мікроанімація та супровідний мультимодальний фідбек);

3) побудувати концептуальну модель перцептивної інтеграції цих сигналів гравцем;

4) сформулювати гіпотези для подальшої емпіричної перевірки запропонованої моделі.

Виклад основного матеріалу та його результатів.

1. Вага як перцептивний конструкт. У психофізиці вагу об'єкта розглядають не як пряме відображення фізичної маси, а як результат інтеграції сенсорних і когнітивних сигналів. Ілюзія «розмір-вага», описана О. Шарпентьє ще у 1891 році, демонструє це найбільш наочно: з двох об'єктів однакової маси менший систематично сприймається важчим (Charpentier, 1891). Це явище пояснюють ефектом очікування: мозок формує апіорне очікування ваги на основі розміру об'єкта, і якщо реальна вага виявляється меншою за очікувану для такого розміру, об'єкт сприймається важчим відносно цього очікування (Buckingham, Goodale, White, & Westwood, 2016).

Дослідження М. Плазье та Я. Смітса показали, що ефект розміру на сприйняття ваги зберігається навіть тоді, коли видимий обсяг матеріалу лишається незмінним, наприклад, якщо об'єкт має приховані порожнини (Plaisier & Smeets, 2015).

Дослідження у віртуальній реальності підтверджують перенесення цього механізму на цифрове середовище. М. Самад із співавторами експериментально довели, що зміна співвідношення «керування-відображення» — розбіжність між реальним рухом руки користувача і видимим переміщенням віртуального об'єкта — самостійно змінює суб'єктивне відчуття ваги предмета за цілковитої відсутності фізичної зміни (Samad, Gatti, Hermes, Benko, & Parise, 2019).

2. Мікроанімація як носій фізичної інформації. Більшість принципів класичної анімації прямо чи опосередковано слугують передачі фізичних властивостей об'єкта, зокрема ваги. Сти-

снення і розтягнення (squash and stretch) вважають найважливішим із дванадцяти принципів: деформація форми об'єкта під час руху за умови збереження його об'єму створює ілюзію еластичності, маси й гравітаційного впливу (Thomas & Johnston, 1981).

Випередження руху (anticipation) готує глядача до основної дії через короткий підготовчий рух у протилежному напрямку — присідання перед стрибком, замах перед ударом (Thomas & Johnston, 1981).

Супровідна фаза та перекриття дій (follow-through and overlapping action) описують інерційне «дотягування» частин об'єкта чи персонажа після завершення основного руху — розвіювання волосся, погойдування підвішеного предмета, тремтіння гнучкої конструкції (Thomas & Johnston, 1981).

Уповільнення на початку й наприкінці руху (slow in and slow out) та таймінг (timing) визна-

чають розподіл кадрів у межах руху: більша кількість кадрів на одиницю відстані означає повільніший, «важчий» рух, менша — швидший, «легший» (Thomas & Johnston, 1981).

Дугові траєкторії (arcs) — ще один принцип, що впливає на сприйняття фізичності: природні рухи живих і фізичних об'єктів відбуваються по дугах, тоді як лінійна, механічна траєкторія зчитується гравцем як штучна й позбавлена ваги.

3. Шар «соковитості» та імпакт-фідбек. Окрім кінематичної деформації самого об'єкта, сприйняття ваги формується додатковим шаром аудіовізуального фідбеку, що супроводжує контакт об'єкта з середовищем. К. Хікс зі співавторами виокремили в межах цього шару такі прийоми, як тремтіння камери, частинки (пил, іскри, уламки, бризки) та зупинка кадру в момент удару (hit-stop) (Hicks, Dickinson, Holopainen, & Gerling, 2018) (Рис. 1).



Рис. 1. Використання соковитих ефектів у грі Heroic Fantasy.

Результат Д. Као має суттєве значення для розуміння механізму дії цього шару: у масштабному експериментальному дослідженні виявлено, що зв'язок між інтенсивністю соковитих ефектів і якістю ігрового досвіду має криволінійний характер — і мінімальний, і надмірний рівень фідбеку погіршують результат порівняно з поміркованим рівнем (Као, 2020). Це спостереження логічно узгоджується з попереднім висновком Дж. Джуу-

ла та Дж. Беджі про те, що надлишковий фідбек може заважати зчитуванню функціонально значущої інформації, насамперед для менш досвідчених гравців (Juul & Begy, 2016).

4. Авторська класифікація сигналів ваги. Синтез розглянутих теоретичних ліній дає підстави запропонувати авторську чотирирівневу класифікацію сигналів, що формують сприйняття ваги віртуального об'єкта (Табл. 1).

Таблиця 1
Класифікація сигналів (мікроанімація та супровідний фідбек)

Рівень	Категорія сигналів	Приклади прийомів	Теоретичне джерело
1	Кінематичні сигнали (мікроанімація)	Стиснення й розтягнення форми; тайминг і кількість кадрів уповільнення; дугова траєкторія руху	Thomas & Johnston, 1981; Lasseter, 1987
2	Вторинні (інерційні) сигнали (мікроанімація)	Супровідна фаза руху; перекриття рухів окремих частин об'єкта; вторинне тремтіння чи погойдування	Thomas & Johnston, 1981
3	Імпакт-фідбек (супровідний фідбек)	Тремтіння камери; частинки (пил, іскри, уламки, бризки); зупинка кадру в момент контакту (hit-stop); звуковий акцент удару	Hicks et al., 2018; Kao, 2020
4	Контекстні сліди середовища (супровідний фідбек)	Деформація чи реакція поверхні контакту; тривалість сліду (вм'ятина, хмара пилу); зміна освітлення й тіні при контакті	Plaisier & Smeets, 2015; Samad et al., 2019

5. Концептуальна модель перцептивної інтеграції. Запропонована класифікація описує елементи єдиного перцептивного конвеєра. Дизайнер починає з концептуального рішення про масу об'єкта, яке транслюється в конкретні параметри мікроанімації — амплітуду деформації,

тривалість супровідної фази, криві згладжування руху. Ці параметри реалізуються одночасно на чотирьох рівнях класифікації — кінематичному, вторинному, імпакт-фідбеку та контекстному, кожен з яких надсилає гравцю окремий, частково надлишковий сигнал про вагу об'єкта (Рис. 2).

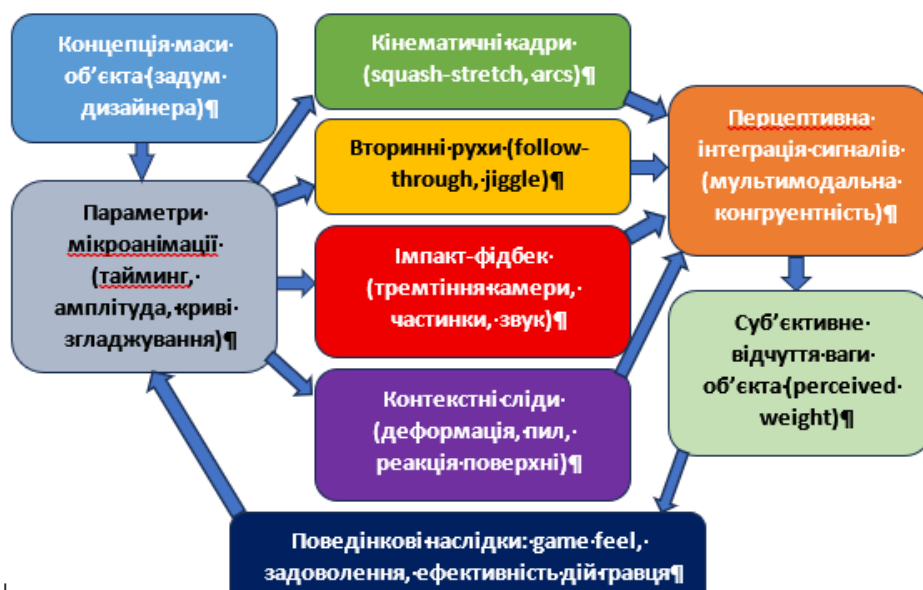


Рис. 2. Концептуальна модель перцептивної інтеграції сигналів ваги.

Головний етап моделі — перцептивна інтеграція сигналів, під час якої гравець об'єднує кінематичну, аудіальну та контекстну інформацію в єдину оцінку ваги за принципом, аналогічним моделі очікування в психофізиці (Buckingham, Goodale, White, & Westwood, 2016). Суттєвою умовою ефективної інтеграції є мультимодальна конгруентність сигналів: якщо кінематичні сигнали

й імпакт-фідбек узгоджені між собою, інтеграція дає стійке відчуття ваги. Якщо ж сигнали суперечать один одному, виникає перцептивний дисонанс, що погіршує зрозумілість механіки гри.

Фінальний етап моделі — поведінкові наслідки: сформоване відчуття ваги впливає на суб'єктивну оцінку game feel, задоволення від гри та на ефективність дій гравця. Модель передба-

чає контур зворотного зв'язку: дизайнер, спостерігаючи за поведінкою тестувальників, ітеративно коригує параметри мікроанімації, що методологічно узгоджується з практикою орієнтованого на гравця («played-tested») дизайну, описаною С. Свінком (Swink, 2009).

6. Гіпотези для емпіричної перевірки. На основі запропонованої моделі сформульовано чотири гіпотези, призначені для подальшої емпіричної перевірки в контрольованому дизайн-експерименті (Табл. 2).

Гіпотеза Н1 передбачає, що збільшення тривалості супровідної фази руху (follow-through) за інших рівних умов монотонно підвищує сприйняту вагу об'єкта, оскільки подовжена інерційна фаза є прямим кінематичним аналогом фізичної інерції (Thomas & Johnston, 1981).

Гіпотеза Н2, спираючись на результати

Д. Као (Kao, 2020), передбачає криволінійну (обернено U-подібну) залежність між загальною інтенсивністю імпаکت-фідбеку та переконливістю сприйняття ваги: помірний рівень фідбеку посилює сприйняття ваги сильніше, ніж і мінімальний, і надмірний рівні.

Гіпотеза Н3 передбачає, що таймінг руху (кількість кадрів уповільнення на початку й наприкінці руху) є надійнішим предиктором сприйнятої маси, ніж амплітуда стиснення-розтягнення форми, оскільки перший параметр напряму кодує тривалість дії сили, тоді як другий — переважно еластичність матеріалу.

Гіпотеза Н4 передбачає, що конгруентність сигналів різних рівнів класифікації впливає на сприйняття ваги сильніше, ніж сама кількість сигналів (Samad, Gatti, Hermes, Benko, & Parise, 2019).

Таблиця 2
Гіпотези для подальшої емпіричної перевірки моделі

Гіпотеза	Незалежна змінна	Очікуваний характер зв'язку із сприйнятою вагою	Теоретичне підґрунтя
H1	Тривалість супровідної фази руху (follow-through)	Монотонне зростання: довша фаза — більша сприйнята вага	Thomas & Johnston, 1981
H2	Інтенсивність імпакт-фідбеку (тремтіння, частинки, звук, бризки)	Криволінійна (обернено U-подібна) залежність	Kao, 2020
H3	Таймінг руху проти амплітуди squash-stretch	Таймінг — сильніший предиктор маси, ніж амплітуда	Lasseter, 1987
H4	Конгруентність сигналів різних рівнів класифікації	Конгруентність впливає сильніше, ніж кількість сигналів	Samad et al., 2019

Висновки. Проведений теоретичний аналіз дав змогу вирішити поставлене завдання — синтезувати розрізнені напрями досліджень (класичну теорію анімації, теорію ігрового відчуття та соковитості, психофізику сприйняття ваги) в єдину прикладну модель, орієнтовану на потреби ігрового дизайну. Теоретичний аналіз дає підстави розглядати сприйняття ваги віртуального об'єкта як конструйований перцептивний ефект, що керується передусім зоровими й кінематичними ознаками.

Запропонована чотирирівнева класифікація — з чітким розмежуванням власне мікроанімації та супровідного мультимодального фідбеку — систематизує наявний професійний досвід аніматорів і геймдизайнерів, надаючи йому категоріальну структуру. Розроблена концептуальна модель перцептивної інтеграції описує ймовірний меха-

нізм, за яким ці сигнали можуть об'єднуватися гравцем у цілісну оцінку ваги.

Наукова новизна дослідження полягає в тому, що класичні принципи анімації, теорія ігрового відчуття та експериментальна психофізика ваги вперше розглянуті в єдиній аналітичній рамці, застосовній до практики розробки відеоігор. Практичне значення роботи полягає в можливості використання запропонованої класифікації як інструменту рефлексії дизайнера під час прототипування анімаційних рішень, а також як основи для розробки навчальних матеріалів зі спеціальності «Дизайн».

Перспективи подальших досліджень та рекомендації. Найближчою перспективою розвитку запропонованої моделі є проведення контрольованого експериментального дослідження за участю користувачів, спрямованого на перевірку

сформульованих гіпотез Н1–Н4. Доцільним видається використання внутрішньогрупового експериментального дизайну на базі спеціально розробленого прототипу гри, у якому можна незалежно варіювати тривалість супровідної фази руху, кількість кадрів уповільнення, амплітуду деформації форми та інтенсивність імпакт-фідбеку за фіксованої видимої маси об'єкта.

Практичний інтерес становить також дослідження можливості адаптивного налаштування

параметрів мікроанімації відповідно до навички чи стилю гри користувача, що перегукується з висновком Дж. Джуула та Дж. Беджі про різну ефективність соковитого фідбеку для гравців різного рівня майстерності (Juul & Begy, 2016). Результати таких досліджень можуть стати основою для розробки прикладних методичних рекомендацій для фахівців із дизайну інтерактивних середовищ та ілюстративним матеріалом для навчальних курсів з анімації в дизайн-освіті.

Фінансування / Funding

Дослідження здійснено без залучення зовнішнього фінансування.

Використання Штучного Інтелекту / Use of Artificial Intelligence

Автор запевняє, що технології штучного інтелекту при підготовці цієї статті не застосовувалися.

Конфлікт інтересів / Conflict of Interest

Автор підтверджує відсутність будь-якого конфлікту інтересів — фінансового, особистого, авторського чи іншого, — який міг би позначитися на проведенні дослідження або на викладених у статті результатах.

Надійшла до редакції / Received: 03.08.2026

Прорецензовано / Peer-reviewed: 25.08.2026

Рекомендовано до публікації / Accepted for publication: 31.08.2026

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

Колесник, Н. (2024). *Анімаційна графіка та motion дизайн: Курс лекцій*. Вид-во ЖДУ імені Івана Франка, 150. <https://eprints.zu.edu.ua/42203/1/1.pdf>

Мараховська, К. (2019). Генеза та стан анімації в сучасній культурі. *Українська культура: минуле, сучасне, шляхи розвитку*, 33, 147–152. <https://doi.org/10.35619/ucpmk.vi33.305>

Buckingham, G. (2014). Getting a grip on heaviness perception: A review of weight illusions and their probable causes. *Experimental Brain Research*, 232(6), 1623–1629. <https://doi.org/10.1007/s00221-014-3926-9>

Buckingham, G., Goodale, M. A., White, J. A., & Westwood, D. A. (2016). Equal-magnitude size-weight illusions experienced within and between object categories. *Journal of Vision*, 16(3), 25. <https://doi.org/10.1167/16.3.25>

Charpentier, A. (1891). Analyse expérimentale de quelques éléments de la sensation de poids. *Archives de Physiologie Normales et Pathologiques*, 3, 122–135.

Gable, K., Shodhan, S., Kucic, M., & Gray, K. (2005, October 26). How to prototype a game in under 7 days. *Game Developer*. <https://www.gamedeveloper.com/game-platforms/how-to-prototype-a-game-in-under-7-days>

Hicks, K., Dickinson, P., Holopainen, J., & Gerling, K. (2018). Good game feel: An empirically grounded framework for juicy design. *Proceedings of the 2018 DiGRA International Conference*. DiGRA Digital Library. <https://dl.digra.org/index.php/dl/article/view/936/936>

Hicks, K., Gerling, K., Richardson, G., Pike, T., Burman, O., & Dickinson, P. (2019). Understanding the effects of gamification and juiciness on players. *2019 IEEE Conference on Games (CoG)*, 1–8. <https://doi.org/10.1109/CI G.2019.8848105>

Juul, J., & Begy, J. (2016). Good feedback for bad players? A preliminary study of “juicy” interface feedback. *Proceedings of the First Joint FDG/DiGRA Conference*. DiGRA/Society for the Advancement of the Science of Digital Games. <https://www.jasonbegy.com/uploads/5/0/7/7/50772065/juiciness.pdf>

Kao, D. (2020). The effects of juiciness in an action RPG. *Entertainment Computing*, 34, 100359. <https://doi.org/10.1016/j.entcom.2020.100359>

Kim, Jinwook & Lee, Jeongmi. (2021). The Effect of the Virtual Object Size on Weight Perception Augmented with Pseudo-Haptic Feedback. *IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces Abstracts and Workshops (VRW)*, 575–576. <https://doi.org/10.1109/VRW52623.2021.00170>

- Lasseter, J. (1987). Principles of traditional animation applied to 3D computer animation. *ACM SIGGRAPH Computer Graphics*, 21(4), 35–44. <https://doi.org/10.1145/37402.37407>
- Plaisier, M. A., & Smeets, J. B. J. (2015). Object size can influence perceived weight independent of visual estimates of the volume of material. *Scientific Reports*, 5, 17719. <https://doi.org/10.1038/srep17719>
- Saffer, D. (2013). *Microinteractions: Designing with details*. O'Reilly Media, 170.
- Samad, M., Gatti, E., Hermes, A., Benko, H., & Parise, C. (2019). Pseudo-haptic weight: Changing the perceived weight of virtual objects by manipulating control-display ratio. *Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, Paper 320. <https://doi.org/10.1145/3290605.3300550>
- Shimamura, K., Shimomura, Y., Ban, Y., Ujitoko, Y., & Warisawa, S. (2024). Effect of virtual object material on the pseudo-haptic weight. *IEEE Access*, 12, 183143–183152. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3511078>
- Swink, S. (2009). *Game feel: A game designer's guide to virtual sensation*. Morgan Kaufmann / CRC Press. <https://gamifique.wordpress.com/wp-content/uploads/2011/11/2-game-feel.pdf>
- Thomas, F., & Johnston, O. (1981). *The illusion of life: Disney animation*. Hyperion. <https://drive.proton.me/urls/6B80430P58#qCsPYZgM7BII>

REFERENCES

- Kolesnyk, N. (2024). *Animatsiina hrafika ta motion dyzain: Kurs lektsii [Motion Graphics and Motion Design: A Course of Lectures]*. Vyd-vo ZhDU imeni Ivana Franka, 150. <https://eprints.zu.edu.ua/42203/1/1.pdf> [in Ukrainian]
- Marakhovska, K. (2019). Geneza ta stan animatsii v suchasni kulturi [The Genesis and Current State of Animation in Contemporary Culture]. *Ukrainska kultura: mynule, suchasne, shliakhy rozvytku*, 33, 147–152. <https://doi.org/10.35619/ucpmk.vi33.305> [in Ukrainian]
- Buckingham, G. (2014). Getting a grip on heaviness perception: A review of weight illusions and their probable causes. *Experimental Brain Research*, 232(6), 1623–1629. <https://doi.org/10.1007/s00221-014-3926-9> [in English]
- Buckingham, G., Goodale, M. A., White, J. A., & Westwood, D. A. (2016). Equal-magnitude size-weight illusions experienced within and between object categories. *Journal of Vision*, 16(3), 25. <https://doi.org/10.1167/16.3.25> [in English]
- Charpentier, A. (1891). Analyse expérimentale de quelques éléments de la sensation de poids. *Archives de Physiologie Normales et Pathologiques*, 3, 122–135. [in French]
- Gable, K., Shodhan, S., Kucic, M., & Gray, K. (2005, October 26). How to prototype a game in under 7 days. *Game Developer*. <https://www.gamedeveloper.com/game-platforms/how-to-prototype-a-game-in-under-7-days> [in English]
- Hicks, K., Dickinson, P., Holopainen, J., & Gerling, K. (2018). Good game feel: An empirically grounded framework for juicy design. *Proceedings of the 2018 DiGRA International Conference*. DiGRA Digital Library. <https://dl.digra.org/index.php/dl/article/view/936/936> [in English]
- Hicks, K., Gerling, K., Richardson, G., Pike, T., Burman, O., & Dickinson, P. (2019). Understanding the effects of gamification and juiciness on players. *2019 IEEE Conference on Games (CoG)*, 1–8. <https://doi.org/10.1109/CI G.2019.8848105> [in English]
- Juul, J., & Begy, J. (2016). Good feedback for bad players? A preliminary study of “juicy” interface feedback. *Proceedings of the First Joint FDG/DiGRA Conference*. DiGRA/Society for the Advancement of the Science of Digital Games. <https://www.jasonbegy.com/uploads/5/0/7/7/50772065/juiciness.pdf> [in English]
- Kao, D. (2020). The effects of juiciness in an action RPG. *Entertainment Computing*, 34, 100359. <https://doi.org/10.1016/j.entcom.2020.100359> [in English]
- Kim, J., & Lee, J. (2021). The Effect of the Virtual Object Size on Weight Perception Augmented with Pseudo-Haptic Feedback. *IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces Abstracts and Workshops (VRW)*, 575–576. <https://doi.org/10.1109/VRW52623.2021.00170> [in English]
- Lasseter, J. (1987). Principles of traditional animation applied to 3D computer animation. *ACM SIGGRAPH Computer Graphics*, 21(4), 35–44. <https://doi.org/10.1145/37402.37407> [in English]
- Plaisier, M. A., & Smeets, J. B. J. (2015). Object size can influence perceived weight independent of visual estimates of the volume of material. *Scientific Reports*, 5, 17719. <https://doi.org/10.1038/srep17719> [in English]
- Saffer, D. (2013). *Microinteractions: Designing with details*. O'Reilly Media, 170. [in English]
- Samad, M., Gatti, E., Hermes, A., Benko, H., & Parise, C. (2019). Pseudo-haptic weight: Changing the perceived

weight of virtual objects by manipulating control-display ratio. *Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, Paper 320. <https://doi.org/10.1145/3290605.3300550> [in English]

Shimamura, K., Shimomura, Y., Ban, Y., Ujitoko, Y., & Warisawa, S. (2024). Effect of virtual object material on the pseudo-haptic weight. *IEEE Access*, 12, 183143–183152. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3511078> [in English]

Swink, S. (2009). *Game feel: A game designer's guide to virtual sensation*. Morgan Kaufmann / CRC Press. <https://gamifique.wordpress.com/wp-content/uploads/2011/11/2-game-feel.pdf> [in English]

Thomas, F., & Johnston, O. (1981). *The illusion of life: Disney animation*. Hyperion. <https://drive.proton.me/urls/6B80430P58#qCsPYZgM7BII> [in English]