

## ЗАДАЧА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ З ОПТИМІЗАЦІЇ ІГРОВИХ ЛОКАЦІЙ

Стрімкий розвиток ринку комп'ютерних і мобільних ігор значно підвищує зацікавленість ІТ-компаній у їх розробці, тому підвищується актуальність та практична затребуваність вирішення завдань із забезпечення проектування таких ігор та ігрових локацій, що з одного боку, мінімально використовуватимуть системні ресурси (особливо системні ресурси мобільних пристроїв), а з іншого – забезпечуватимуть очікуваний високий рівень якості графічного та анімованого контенту. У статті надано практичні рекомендації із прийняття рішень із оптимізації ігрових локацій на основі формалізованої задачі прийняття відповідних проектних рішень.

**Ключові слова:** тривимірна ігрова локація, задача прийняття рішень, навантаження на системні ресурси, методичні рекомендації з оптимізації.

### Постановка проблеми

Індустрія комп'ютерних ігор стрімко розвивається вже кілька десятиріч і є основою світового ринку ігор, що є надзвичайно привабливим сегментом ІТ-бізнесу. Так, згідно розрахунків [1] світовий ринок електронних ігор у 2016 р. здійснив зростання на 8,5% і склав 99,8 млрд. дол. США, при чому 37% цього ринку склали саме мобільні ігри (що продемонстрували зростання у 23,7% у порівнянні із 2015 р.). Більше того, очікуване зростання світового ринку мобільних ігор у період 2016–2019 рр. складає 42% до 52,5 млрд. дол. США (при очікуваному зростанні ринку у цілому до 118,6 млрд. дол. США за зазначений період) [1]. Така висока ємність ринку та швидкість зростання зумовлюють привабливість та перспективність розробок електронних ігор для ІТ-компаній.

При розробці комп'ютерних та мобільних ігор компанії-розробники стикаються із низкою технічних проблем, однією з яких є проблема оптимізації навантаження на систему, що створюють комп'ютерні та (особливо) мобільні ігри (під мобільними іграми у цій статті розумітимемо електронні ігри на портативних пристроях). На початку розвитку ринку комп'ютерних ігор завдання оптимізації навантаження на системні ресурси було надзвичайно актуальним, оскільки його успішне вирішення було запорукою просування ігор на масові ринки, – споживачі у переважній більшості могли дозволити собі купити низькопродуктивні комп'ютери. Однак невдовзі комп'ютерні ігри відвоювали важливе місце у індустрії розваг, а високий попит на якісні комп'ютерні ігри з боку споживачів зумовив значний приріст споживання найновіших та найпродуктивніших (high-end) комп'ютерів, а також стимулював невпинний попит на оновлення апаратного забезпечення.

Однак, наразі створення та значне зростання ринку мобільних ігор, з одного боку, та висока вибагливість споживачів до якості графіки та анімації, з іншого, знову зробило актуальним проблему зниження навантаження на системні ресурси при збереженні високої якості графіки та анімації.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

За час існування індустрії комп'ютерних ігор завдання оптимізації навантаження на системні ресурси при збереженні високої якості графіки та анімації намагалися вирішити у двох основних напрямках: у напрямку покращення ігрових движків та у дослідженні методів оптимізації графіки. Визначним доробком у методах оптимізації графіки можна зазначити роботи Р. Гарланда, Дж. Коена, Р. Костелло, Д. П. Лойбака, Р. Скопіно, Н. Татарчука, Г. Таубіна, тощо. Наприклад, у роботі [2] авторами зроблено детальний огляд наукових результатів вчених усього світу у пошуках методів та алгоритмів геометричного спрощення графічних об'єктів із контролем зниження якості зображень.

### Мета

Важливо зазначити, що результати наукового пошуку та практичного вирішення завдання оптимізації ігор у цілому (та ігрових локацій зокрема) є значним, вони знаходять певну реалізацію у програмному забезпеченні із створення тримірної графіки, з одного боку, та середовищах створення ігор, з іншого. Розглянуте різноманіття технологій, прийомів та методів оптимізації ігрових локацій відображає складність завдання здійснення оптимізації ігрової локації, що постає перед розробниками комп'ютерних ігор. Однак, незважаючи на значні наукові успіхи у створенні алгоритмів оптимізації графіки, вирішення практичної проблеми оптимізації навантаження на системні ресурси у цілому залишається на недостатньому рівні через відсутність цілісного розуміння при прийнятті відповідних проектних рішень усіх можливих методів оптимізації, особливих умов використання та необхідності їх балансування. Саме тому метою цієї статті є формалізація завдання прийняття рішень із оптимізації ігрових локацій та її використання у практичних рекомендаціях до прийняття проектних рішень з оптимізації навантаження на системні ресурси.

### Основний матеріал

При виборі найкращих методів та технологій оптимізації ігрової локації має місце багатокритері-

альна задача із прийняття рішення. Розглянемо основні складові та терміни багатокритеріальної задачі із оптимізації ігрової локації.

В класичному вигляді завдання прийняття рішення формулюється як сукупність  $\{A, \Pi\}$ , де  $A$  – множина допустимих альтернатив, а  $\Pi$  – вирішальне правило або принцип оптимальності вибору найкращої альтернативи. Принцип оптимальності являє собою сукупність усіх критеріїв, що використовуються у задачі, із правилом їх зважування [3].

Термін «оптимізація» має широке використання у науці та техніці, тому розглянемо лише кілька визначень. Згідно [4] оптимізація – це «процес досягнення найкращого результату із множини можливих у певній конкретній ситуації і за обраними критеріями». Згідно іншого визначення [5] оптимізація є «знаходженням найкращого (із множини можливих) варіанта вирішення завдання при заданих вимогах, обмеженнях. Так, оптимізація процесу управління будь-яким процесом полягає у визначенні шляху досягнення мети управління при найкращих (зазвичай мінімальних або максимальних) значеннях показників, що характеризують цей процес». Отже, вирішення задачі оптимізації ігрової локації полягає у виборі таких методів і технологій, які дозволяють якнайкраще зменшити навантаження на систему, що створює ігрова локація.

У такому завданні здійснення оптимізації ігрової локації важливими є наявні критерії та обмеження. У результаті аналізу основних технічних параметрів роботи (виконання) тривимірних комп'ютерних ігор на різноманітних пристроях було виявлено такі основні параметри навантаження на апаратну частину, а саме: навантаження на графічний та центральний процесори, оперативна пам'ять та пам'ять жорсткого диску. Для виміру навантаження на апаратну частину (і використання зазначених технічних параметрів), а також врахування якості отримуваних графіки та анімації, було обрано два основних критерії, що сукупно характеризуватимуть зазначені навантаження на систему від ігрової локації та якість: Frame per second (FPS); Draw calls (DC).

FPS є критерієм якості графічного та анімаційного контенту, – це кількість кадрів в секунду, що відтворюються, коли гра запущена. Зазначений критерій добре описує якість створюваного продукту та одночасно характеризує продуктивність (а отже і навантаження на систему); якість контенту вважається, такою, що зростає, при зростанні зазначеного критерію.

DC є критерієм навантаження на системні ресурси, – це кількість звертань системи до графічного та центрального процесорів. Чим більше в сцені різних об'єктів, тим більшою є кількість Draw calls. Із зменшенням зазначеного критерію, навантаження на системні ресурси зменшується.

Для спрощення поставленої задачі оптимізації ігрової локації вважатимемо критерії FPS та Draw calls рівнозначними та адитивними, та використовуватимемо звичайне адитивне згортання зазначених критеріїв.

Важливою частиною завдання прийняття рішень є множина альтернатив, яка є доступною для

прийняття рішень. Перелік наявних альтернатив впливає з наявних методів та напрямів оптимізації ігрових локацій та систем, які автором, були проаналізовані у [6]. Також сукупність альтернатив та порядок їх доступності (часовий період прийняття рішення) зумовлений особливостями процесу створення комп'ютерних ігор.

Так, створення комп'ютерних ігор узагальнено включає у себе:

етап проектування (створення концептів, сценаріїв, тощо);

етап створення тривимірної моделі, що передбачає збирання та/або створення відповідних референсів (інформаційних джерел створення локацій, як то описів, фотографій, креслень, замальовок, скетчів, концепт-артів), безпосередньо тривимірне моделювання та наступне текстурування моделі;

етап поєднання тривимірних моделей у редакторі ігрового движка із функціоналом гри (імпорт тривимірного контенту до ігрового движка, збір ігрових об'єктів та здійснення відповідних налаштувань; підключення штучного інтелекту та переходів між ігровими об'єктами і локаціями);

етап компіляції та тестування створеної гри;

етап випуску гри (production & publishing) або її оновлень.

Виходячи з зазначеного варто зауважити, що оптимізація ігрових локацій може і має здійснюватися на двох (принципово різних) етапах: етапі створення тривимірної моделі та етапі компіляції моделей у редакторі ігрового движка.

На етапі створення тривимірної моделі для оптимізації доступні безпосередньо об'єкти ігрової локації: моделі об'єктів, текстури, матеріали.

Комплекс альтернативних методів оптимізації, пов'язаних із оптимізацією об'єктів за допомогою оптимізації сітки, можна об'єднати у відповідну групу альтернатив. Сутність цих методів оптимізації полягає у зменшенні рівня деталізації об'єктів при максимальному збереженні якості отриманого зображення через зменшення кількості використаних полігонів при збереженні або підвищенні якості сітки. Для цього здійснюється перенесення високополігональних моделей до низькополігональних за допомогою використання карти нормалей такими методами:

1) алгоритми автоматичної редукації полігонів ( $a_{11}$ ) – передбачає використання скриптів або модулів автоматизованого зниження кількості використаних полігонів [2];

2) алгоритми ручного створення низькополігональних моделей ( $a_{12}$ );

3) алгоритми автоматичного видалення частини граней і ліній ( $a_{13}$ ) – передбачає автоматизоване видалення невидимих для спостерігача граней та ліній.

У результаті такої оптимізації промальовані дрібні деталі найчастіше перетворюються у сітку із статично побудованими на ній деталями, що значно знижує використання системних ресурсів при збереженні якості зображення (якщо не передбачається динамічних змін відповідних об'єктів). Зазначені

методи оптимізації із цієї групи є такими, що взаємно виключають одне одного:  $\{a_{11}, a_{12}, a_{13}\}$ .

Також на етапі створення тривимірної моделі можна виділити групу методів, що передбачають оптимізацію на основі єдності (або подібності) використаного матеріалу:

- 1) в ручну ( $a_{21}$ );
- 2) за допомогою скриптів ( $a_{22}$ );

У результаті об'єкти із однаковим (або схожим) типом використаного матеріалу групуються у єдиний об'єкт (mesh), що знижує навантаження на системні ресурси майже без втрати якості контенту. Зазначені методи є такими, що взаємно виключають одне одного:  $\{a_{21}, a_{22}\}$ .

Здійснювати оптимізацію текстур можна як на етапі створення тривимірних моделей, так і на етапі компіляції їх до повноцінних ігрових локацій. Методів такої оптимізації передбачають:

- 1) стискання якості текстур ( $a_{31}$ ), – зазвичай здійснюється автоматизованим способом;
- 2) зниження кількості текстур ( $a_{32}$ ), – використання однієї текстури на подібних об'єктах, що знижує їх розмаїття та завантаження пам'яті;
- 3) об'єднання різних текстур у текстурні атласи ( $a_{33}$ ), – передбачає ручне об'єднання текстур у відповідні бібліотеки та скорочення їх переліку.

Зазначені методи оптимізації не є альтернативними за своєю сутністю, тому можуть використовуватися як окремо, так і у сукупності:  $\{a_{31}, a_{32}, a_{33}, a_{31}a_{32}, a_{32}a_{33}, a_{31}a_{32}a_{33}\}$ . Однак необхідно зазначити, що зниження кількості та якості текстур здатне значним чином знизити якість графічного та анімованого контенту через можливості зниження реалістичності та різноманітних спотворень, тому використання зазначених методів потребує окремої уваги.

На етапі компіляції ігрових моделей у редакторі ігрового движка можливо здійснити налаштування якості тіней, що з одного боку, забезпечують реалістичність зображень та анімації, а з іншого, – суттєво використовують системні ресурси. Такими налаштуваннями є:

- 1) зміна типу тіней ( $a_{41}$ );
- 2) зниження роздільної здатності тіней ( $a_{42}$ ).

Використання цих груп налаштувань є такими, дозволяють взаємне використання  $\{a_{41}, a_{42}, a_{41}a_{42}\}$ . Зниження якості тіней здатне значно змінити не тільки рівень навантаження на системні ресурси, але і якість створеної локації, тому потребує окремої уваги розробників та дизайнерів.

Також на даному етапі можливе налаштування параметрів освітлення ігрових локацій та об'єктів на них за допомогою:

- 1) налаштування меншої кількості джерел світла ( $a_{51}$ );
- 2) зменшення кількості типів джерел світла ( $a_{52}$ );
- 3) використання вбудованих інструментів карт освітлення та зондів освітлення (за наявності) ( $a_{53}$ ), – передбачає статичного відображення тіней від одного (уявного) джерела, що передбачає побудови карти освітлення, або багатьох (уявних) джерел із використанням зондів освітлення. Такі інструменти доб-

ре знижують використання системних ресурсів та майже не знижують якість статичних об'єктів, однак значно знижують якість графічних та анімованих зображень динамічних об'єктів.

Вибір налаштувань освітлення пов'язано також із реалістичністю сприйняття тіней та текстур створених ігрових локацій, тому потребує особливої уваги розробників та дизайнерів. Зазначені методи не виключають одне одного, тому складають відповідну сукупність альтернатив:  $\{a_{51}, a_{52}, a_{53}, a_{51}a_{52}, a_{52}a_{53}, a_{51}a_{52}a_{53}\}$ .

Отже сукупно, загальною множиною альтернатив для задачі оптимізації навантаження на системні ресурси від ігрової локації є  $\{\{a_{11}, a_{12}, a_{13}\} * \{a_{21}, a_{22}\} * \{a_{31}, a_{32}, a_{33}, a_{31}a_{32}, a_{32}a_{33}, a_{31}a_{32}a_{33}\} * \{a_{41}, a_{42}, a_{41}a_{42}\} * \{a_{51}, a_{52}, a_{53}, a_{51}a_{52}, a_{52}a_{53}, a_{51}a_{52}a_{53}\}\}$ . Таким чином вся сукупність альтернатив відображена зазначеним кортежем. Оскільки частина альтернатив є такими, що виключають одна іншу (оптимізація ігрових моделей та об'єднання дрібних моделей в один меш), то вони вказані окремо. Інші методи та технології оптимізації не є такими, що взаємно виключають одне одного, тому вони вказані у кортежі усіма можливими комбінаціями.

Оптимізація на етапі створення тривимірної моделі передбачає (включає) велику кількість ручних методів та налаштувань, що не є автоматизованими у графічних тривимірних редакторах, а частина з таких методів передбачають включення до таких редакторів надбудови (модулів) із складними математичними алгоритмами (детальніше про такі алгоритми зазначено у [2]). Оптимізація на етапі компіляції моделей ігрового движка передбачає широке розмаїття включених до програмного забезпечення налаштувань, що значно знижує обсяги залучення праці розробників. Такі особливості задачі прийняття рішень зумовлені наявністю критерію, що майже не підлягає формалізації (у загальному вигляді), – кількість використаного часу розробників та дизайнерів на здійснення оптимізації та контролю якості отриманих результатів (а іноді і виправлення незадовільних наслідків).

Отже, нами сформульовано та описано у загальному вигляді задачу оптимізації навантаження на системні ресурси від ігрових локацій. Однак, для її практичного використання пересічними розробниками ігрових локацій запропонуємо методичні рекомендації із оптимізації ігрових локацій.

Етап 1. Визначення основної мети оптимізації ігрової локації. Вона може бути визначеною виходячи з характеристик пристроїв на яких передбачається запуск гри, наявність або обмеження інших технічних або організаційних ресурсів: пропускна здатність мережі, наявність робочого часу розробників, тощо.

Етап 2. Вимірювання фактичного рівня навантаження на систему. Такі параметри, зазвичай, відстежує редактор ігрового движку у автоматичному режимі.

Етап 3. Уточнення обмежень та критеріїв оптимізації. До якого рівня оптимізуватимемо, скільки є достатнім, скільки є часу на здійснення оптимізації.

Етап 4. Уточнення множини доступних альтернатив. Авжеж, автором було виділено усю можливу сукупність альтернатив щодо оптимізації ігрових локацій, однак на практиці може виявитися, що частина альтернатив є недоступною або дуже складною у реалізації через технічні обмеження використаного програмного забезпечення: програм моделювання, компіляції, рендерингу, скриптів, ігрового движка, тощо.

Етап 5. Здійснення оптимізації як такої.

Етап 6. Проведення експериментального підтвердження зменшення навантаження системних ресурсів. Прийняття рішення щодо достатності рівня оптимізації ігрової локації у відповідності до визначених мети оптимізації та наявних ресурсів.

На сучасному етапі розвитку ринку комп'ютерні та мобільні ігри те тільки займають визначне місце у індустрії розваг, але і поступово проникають до інших, менш традиційних ніш, як то: підтримують і просувають імідж (бренд) організацій, стають маркетинговим інструментом ознайомлення із продукцією та послугами, стають основою навчальних середовищ, тощо [7]. З метою привертання уваги абітурієнтів до Харківського національного університету ім. С. Кузнеця було розроблено ігрову локацію, – частина нового навчального корпусу, що у результаті має привернути увагу як до університету у цілому, так і до рівня знань та умінь її випускників (тривимірну локацію було спроектовано студентом-магістром).

Апробацію запропонованої методики та експериментальне підтвердження різних варіантів проведення оптимізації ігрової локації було проведено на прикладі змодельованого учбового корпусу ХНЕУ ім. С. Кузнеця. Середовищем тривимірного моделювання став програмний продукт 3dsMAX, а середовищем компіляції – Unity3d. У результаті початковими параметрами моделі стали 585 DC та 9,7 FPS, що становило високий рівень навантаження на систему при помірній якості графічного та анімованого зображень.

З метою здійснення оптимізації навантажень на системні ресурси було використано алгоритми ручного створення низькополігональних моделей ( $a_{12}$ ), об'єднання подібних матеріалів в один меш в ручну ( $a_{21}$ ), об'єднання різних текстур у текстурні атласи ( $a_{33}$ ) та змінено тип окремих тіней ( $a_{41}$ ). Результуючими значеннями параметрів моделі стали 41 DC та 44,5 FPS, що становило значне зниження рівня навантаження на систему при підвищенні якості графічного та анімованого зображень

## Висновки

Формалізована задача прийняття рішень щодо оптимізації навантажень на системні ресурси при збереженні якості зображень є основою запропонованих та апробованих рекомендацій з оптимізації ігрових проектів, що дійсно дозволяє збільшити продуктивність ігрової системи. А саме, збільшити частоту кадрів в секунду (FPS) та зменшити кількість звернень до центрального та графічного процесорів (draw calls), що доведено експериментально.

## Список літератури

1. 2016 global games market report. An overview of trends & insights [Electronic resource], June 2016 / Peter Warman editor. – Electronic data. – Access mode: <https://newzoo.com/solutions/revenues-projections/global-games-market-report/>. — Title from the screen.

2. Grund N. et al. Instant Level-of-Detail / Grund N., Derzapf E., Guthe M.; Peter Eisert, Konrad Polthier, and Joachim Hornegger (Eds.) // Vision, Modeling and Visualization. Marburg: The Eurographics Association. – 2011. – С. 293-299.

3. Андрейчиков А. В. Анализ, синтез, планирование решений в экономике / А. В. Андрейчиков, О. Н. Андрейчикова. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 368 с.

4. Большая политехническая энциклопедия / ред. В. Рязанцев. – М.: Мир и Образование, 2011. – 704 с.

5. Большой энциклопедический словарь; 2-е изд., перераб. и доп. / А. М. Прохоров. – М.: Норинт, 2004. – 1456 с.

6. Завгородня О. С. Оптимизация проектов в Unity3d / О. С. Завгородня, Д. В. Литовченко // Полиграфические, мультимедийные и web-технологии. Т1. Тез. докл. 1-й Международ. науч.-техн. конф. (16–20 мая 2016) / редкол.: В.Ф. Ткаченко, И.Б. Чеботарева и др. - Харьков: ХНУРЭ, 2016. – 208 с.

7. Zavgorodnia O. S. Economic security aspects of pervasive gamification / O. S. Zavgorodnia // Інформаційна та економічна безпека (INFECO-2016): матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції, м. Харків, 28–30 квітня 2016 року. – К.: УБС НБУ, 2016. – 272 с.

**Рецензент:** д-р техн. наук, доц. С.В. Кавун, Харківський науково-навчальний інститут Університет банківської справи, м. Харків.

**Автор:** ЗАВГОРОДНЯ Ольга Сергіївна

Харківський національний економічний університет ім. С. Кузнеця кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри комп'ютерних систем і технологій.

Роб. тел. – 702-18-31, E-mail – Olga.Zavgorodnia@hneu.net

### Задача прийняття рішень по оптимізації ігрових локацій

О. С. Завгородня

*Стремительное развитие рынка компьютерных и мобильных игр значительно повышает заинтересованность ИТ-компаний в их разработке, поэтому повышается актуальность и практическая востребованность решения задач по обеспечению проектирования таких игр и игровых локаций, которые, с одной стороны, будут минимально использовать системные ресурсы (особенно системные ресурсы мобильных устройств), а с другой – обеспечат ожидаемый высокий уровень качества графического и анимированного контента. В статье приведены практические рекомендации по принятию решений оптимизации игровых локаций на основе формализованной задачи принятия соответствующих проектных решений.*

**Ключевые слова:** трехмерная игровая локация, задача принятия решений, нагрузка на системные ресурсы, методические рекомендации по оптимизации.

### Decision-making task on game location optimization

O. S. Zavgorodnia

*Tremendous growth of PC, mobile and tablet's games rises the IT-companies' interest in their development. That's why the actuality and practical demand of optimal design decision tasks rises also. Optimal games and locations designs supposed to use system resources as little as little as possible (especially mobile devices' and tablets' system resources, on the one hand, and on the other – to be of high expected quality of graphic and animation content. The practical recommendations on game locations' optimization are given in article, they are grounded on formalized task of game design decisions.*

**Keywords:** 3D game location, decision-making task, system resources load, methodic recommendations on optimization.