

УДК [004.94:331.5]:378

Осадча Катерина Петрівна

кандидат педагогічних наук, доцент кафедри інформатики і кібернетики
Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького,
м. Мелітополь, Україна
ORCID 0000-0003-0653-6423
okp@mdpu.org.ua

Чемерис Ганна Юрївна

аспірант
Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького,
м. Мелітополь, Україна
ORCID 0000-0003-3417-9910
Anyta.Chemeris@gmail.com

**ДОБІР ЗАСОБІВ ТРИВИМІРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ
ФОРМУВАННЯ ГРАФІЧНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ МАЙБУТНІХ
БАКАЛАВРІВ КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК**

Анотація. Стаття присвячена окремим аспектам процесу формування графічної компетентності у майбутніх бакалаврів з комп'ютерних наук у навчанні основ роботи із засобами тривимірного моделювання. Наведено аналіз, класифікацію і систематизацію засобів тривимірного моделювання. Мета роботи полягає в дослідженні інструментарію класифікації засобів тривимірного моделювання і співвідношенню навичок, що формуються, відносно затребуваних на ринку праці, з метою їх подальшого використання у процесі формування графічної компетентності під час підготовки майбутніх бакалаврів з комп'ютерних наук. Окреслено особливості процесу формування графічної компетентності майбутнього бакалавра з комп'ютерних наук за допомогою виявлення, аналізу і систематизації засобів тривимірного моделювання і видів тривимірної графіки на сучасному етапі розвитку інформаційних технологій.

Ключові слова: тривимірне моделювання, графічна компетентність, бакалаври з комп'ютерних наук.

1. ВСТУП

Постановка проблеми. Глобалізаційні процеси й породжені ними швидкі темпи насичення ринку інформаційних технологій товарами, жорстка конкуренція, прогресивний розвиток науки і техніки висувають високі вимоги до майбутнього бакалавра з комп'ютерних наук, якому має бути притаманний широкий політехнічний світогляд, професійна гнучкість і швидка адаптованість до мінливої індустрії інформаційних технологій, зорієнтованість на креативну діяльність і постійну самоосвіту й самореалізацію.

Шляхи реформування, основні вимоги і концептуальні положення до сучасної організації процесу професійної підготовки майбутніх фахівців, зокрема майбутніх бакалаврів з комп'ютерних наук, знайшли відображення в Законах України "Про освіту" [1], "Про вищу освіту" [2], Державній національній програмі "Освіта" (Україна XXI століття) [3], Національній доктрині розвитку освіти України [4], й у міжнародних освітніх стандартах у галузі комп'ютерних наук, зокрема у проекті навчального плану з підготовки бакалаврів (undergraduate) з інформатики "Computer Science Curricula 2013" ("Рекомендації щодо викладання інформатики в університетах") [5], що був розроблений об'єднаним комітетом ACM (Association for Computing Machinery) та IEEE

Computer Society, у складі експертів з провідних американських університетів, ABB Corporation та Microsoft.

За останні роки програмні засоби для створення й обробки комп'ютерної графіки стрімкими темпами набувають покращення і поліпшення візуальної реалізації, що невідривно пов'язане з прогресивним зростанням апаратних потужностей персональних комп'ютерів і можливостей їх графічної системи зокрема, а комп'ютерні мистецькі технології привертають увагу все більшого спектру фахівців, зокрема програмістів, інженерів, проектувальників засобів візуалізації і програмних інтерфейсів, розробників концептів для комп'ютерних ігор, проектувальників середовища для віртуальної реальності й архітектурної візуалізації, кінематографів тощо. Тривимірне моделювання також привертає значну увагу науковців, наприклад набуває розповсюдження використання тривимірних моделей людини у медицині, чи використання тривимірних моделей сонячної системи для вивчення астрономії тощо.

Робота із засобами тривимірного моделювання – це сфера, у якій дифузуються професіоналізм і творчість, та, що найголовніше, унеможливлено їх існування один окремо від іншого, на відміну від роботи з офісними програмами. Важливість формування графічної компетентності майбутніх бакалаврів з комп'ютерних наук безумовна, адже, як констатував Л. Аммерал [6], лише уяви недостатньо, потрібні ще й ґрунтовні професійні навички володіння відповідним програмним забезпеченням, особливо якщо це робота із засобами тривимірного моделювання.

Формування графічної компетентності засобами тривимірного моделювання в процесі навчання майбутніх бакалаврів з комп'ютерних наук має надзвичайно велике значення з огляду на те, що технологіям тривимірного моделювання відводиться особливе місце у сучасній сфері інформаційних технологій. Основні підходи у визначенні поняття графічної компетентності нами були розглянуті у статті [7], де графічна компетентність майбутнього бакалавра з комп'ютерних наук розуміється нами як інтегративна властивість, що включає вміння здійснювати якісну організацію і проектування програмних засобів, професійно використовувати сучасні комп'ютерні графічні технології під час проектування інтерфейсу розроблюваного програмного засобу, знаходити оптимальні технології досягнення кращого результату з урахуванням ергономічних вимог кінцевої аудиторії, тобто користувачів засобу чи споживачів продукту.

Роботодавці пред'являють високі вимоги до рівня підготовки бакалаврів з комп'ютерних наук, пропонуючи віддзеркалювати мінливі вимоги сьогодення в освітніх програмах вищих навчальних закладів, висловлюють незадоволеність рівнем професійної підготовки бакалаврів з комп'ютерних наук, вимагаючи їх гнучкості і швидкої адаптації діяльності з урахуванням сучасного стану і перспектив розвитку виробництва.

За цих умов гостро стає необхідність підготовки фахівців з якісно новим рівнем професійного мислення, оснований на знанні комп'ютерного інструментарію для створення комп'ютерної графіки, сучасних технологій та, передусім, тривимірного моделювання, що є важливим умінням фахівця для реалізації ігрового простору комп'ютерної гри, моделювання віртуальної тривимірної реальності тощо.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Загальні аспекти розвитку просторового мислення і просторових операцій висвітлюють Н. Бондар, А. Корнєєва, І. Нищак О. Райковська, Ю. Фещук. Методи роботи з програмним забезпеченням тривимірного моделювання викладені в працях Д. Банаха, Т. Бордмена, Г. Грехама, М. Джамбруно, Дж. Джонса й ін. Питання тривимірного моделювання також знайшли віддзеркалення в дослідженнях І. Братчикова, Т. Буляниці, В. Гончарова, Т. Коротеєвої, Т. Никитіної, І. Попова, Е. Романичевої та ін. Окремі аспекти тривимірного

моделювання, як інструменту, розглядається в публікаціях О. Боднара, О. Бойчука, В. Даниленка, В. Мироненка. Загальнотеоретичною базою дослідження стали праці таких учених, як Е. Веліхов, Н. Вінер, О. Колмогоров, О. Олександров, Д. Поспелов, Р. Хартлі, К. Чері, К. Шенон та інших, які заклали теоретичні основи розвитку комп'ютерної техніки. Технологічні можливості і проблеми комп'ютерної графіки досліджували Л. Аммерал, Т. Басюк, Д. Кожушко, І. Малякова, В. Осадчий, О. Шевченко, та ін. Естетичні фактори художньо-проектної діяльності, до якої належить і тривимірне моделювання, докладно розглянуті В. Бичковим, Е. Ільєнковим, а питання візуального мислення – Р. Арнхеймом, В. Зінченком та В. Муніповим. Формування графічних знань і вмій за допомогою інформаційних технологій обґрунтовують П. Буянов, М. Ожга, О. Глазунова, Р. Горбатюк, М. Козяр, В. Кондратова, Н. Полішук, Ю. Рамський, І. Семенов, М. Юсупова.

Мета статті. Дослідити інструментарій і класифікувати засоби тривимірного моделювання з метою їх подальшого використання у процесі формування графічної компетентності під час підготовки майбутніх бакалаврів з комп'ютерних наук з урахуванням вимог сучасного ринку праці.

2. МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

З метою вивчення вимог до бакалаврів з комп'ютерних наук, які діють на сучасному ринку праці було здійснено контент-аналіз вакансій, що розміщені на он-лайн ресурсах вакансій і пошуку персоналу (такі, як: indeed.com, careerbuilder.com, jobs.aol.com, hh.ua, work.ua, rabota.ua, superjob.ru, hh.ru та ін.). Проведення цього аналізу надає змогу визначити найбільш актуальні напрями вдосконалення методів формування графічної компетентності майбутніх бакалаврів з комп'ютерних наук у процесі навчання у вищому навчальному закладі.

У зв'язку з цим, нами було розглянуто основні вимоги ринку праці для визначення пріоритетних і затребуваних засобів тривимірного моделювання у процесі формування графічної компетентності майбутніх бакалаврів з комп'ютерних наук, були використані метод аналізу вимог, сформульованих у вакансіях, розміщених на спеціалізованих он-лайн ресурсах, узагальнення отриманих даних і визначення пріоритетних засобів і технологій тривимірного моделювання, що відповідають цим вимогам.

3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1. Аналіз вимог ринку праці до майбутніх бакалаврів з комп'ютерних наук

Вимоги роботодавців як світових, так і українських, до компетентностей бакалаврів з комп'ютерних наук невпинно зростають й ускладнюються. Теперішній час характеризується постійним розвитком інтернет-технології, що тягне за собою затребуваність на ринку праці фахівців нового профілю. Укрупнення і розвиток інтернет-проектів та ускладнення інструментарію призводить до того, що фахівцям, які працюють у даній галузі, потрібно знати все більше тонкощів і специфічних нюансів. У зв'язку з цим відбувається звуження спеціалізації. Якщо раніше в обов'язок фахівця з комп'ютерних наук входив великий спектр обов'язків, як, наприклад, верстка сайту, його дизайн, наповнення контентом, забезпечення захисту, то зараз спостерігається тенденція до звуження професійних обов'язків, і тому кожною функцією, або комплексом подібних функцій займається певний фахівець.

Як стверджує П. Буянов, на сьогоднішній час є великий попит на фахівців, які є рушіями технічного прогресу, і мають прагнення до саморозвитку і самовдосконалення, здатні до переосмислення ціннісних орієнтирів, адже «автоматизація сучасного виробництва докорінно змінила не лише характер трудової діяльності людини, а й відповідні вимоги до її технічної підготовленості, які нерозривно пов'язані з уміннями й навичками вільного читання та виконання графічних документів, наявністю сформованої графічної культури» [8, с. 1].

З огляду на широке розповсюдження технологій тривимірного моделювання і друку М. Ожга звертає увагу на те, що «комп'ютерні графічні системи для 3D проектування перетворюються з унікальних, призначених для розв'язання спеціальних задач високопрофесійними фахівцями комп'ютерної галузі, на стандартні, доступні пересічному працівникові» [9, с. 1]. Тому нині оволодіння графічними засобами тривимірного комп'ютерного моделювання є обов'язковою вимогою до професійної підготовки майбутнього бакалавра з комп'ютерних наук.

Для того щоб якість підготовки майбутніх бакалаврів з комп'ютерних наук відповідала зростаючим потребам електронного бізнесу, необхідно враховувати сучасні тенденції в процесі навчання студентів. У нашому розумінні підготовка майбутніх бакалаврів з комп'ютерних наук здійснюється в рамках навчання за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки» [10], [11]. Майбутній бакалавр з комп'ютерних наук повинен бути підготовленим до виконання професійних функцій за одним або кількома з видів економічної діяльності відповідно даних класифікатора видів економічної діяльності (редакція ДК 009:2010, поширена назва чинної редакції класифікатора – КВЕД-2010, 2012, 2014, 2015 та 2016) [12], а також з урахуванням вимог ринку праці видам професійної діяльності, а саме: комп'ютерне програмування, консультування та пов'язана з ними діяльність (комп'ютерне програмування; консультування з питань інформатизації; діяльність з керування комп'ютерним устаткуванням; інша діяльність у сфері інформаційних технологій і комп'ютерних систем) і надання інформаційних послуг (оброблення даних, розміщення інформації на веб-вузлах і пов'язана з ними діяльність; веб-портали; діяльність інформаційних агентств; надання інших інформаційних послуг).

На думку фахівців провідних кадрових агентств до числа професій, що будуть затребувані в найближчі п'ять років, увійшли такі професії, безпосередньо пов'язані з графічною компетентністю: веб-програмісти, поліграфісти, візуалізатори, дизайнери ігрового контенту, аніматори тощо. За даними сайту www.gabota.ru [13] зауважено, що перше місце займають поліграфісти і веб-дизайнери. Також зазначено, що початківці отримують в середньому 310 у. о. (дол. США), а фахівці з досвідом роботи від 3 років — від 1040 у. о. (дол. США). За словами провідного консультанта з підбору персоналу агентства «Геліон імідж», К. Волченкової, важливим фактором, що впливає на розмір заробітної плати, є вибір між штатною і віддаленою роботою (freelance). Наприклад, початківець з віддаленою роботою може отримувати від 105 у. о. до 350 у. о. на місяць, а фахівець, що працює в штаті і має досвід роботи від 1 року, претендуватиме на заробітну плату у розмірі від 105 у. о. до 520 у. о. Також було зазначено, що дипломованих фахівців приймають на роботу охочіше: при аналогічному досвіді роботи роботодавець надасть робоче місце кандидату з профільною освітою, навіть якщо його конкурент, що не має освіти, буде претендувати на меншу заробітну плату. Також, за даними «Геліон імідж», наявність профільної освіти збільшує заробітну плату на 100-500 у. о. З огляду на те, що, наприклад, фахівець з Flash-графіки зароблятиме більше від веб-дизайнера на 350 у. о., та візуалізатор зі знанням 3D Max отримує більше ніж фахівець з Flash-графіки на 175 у. о. З огляду на факт, що фахівець з тривимірної графіки є затребуваною професією, що пов'язано з безперечною

складністю роботи зі спеціалізованим інструментарієм, проведемо дослідження ринку праці саме з приводу затребуваності знань й умінь з тривимірного моделювання.

Виходячи з цього, одним з основних напрямків підготовки майбутніх бакалаврів з комп'ютерних наук є навчання дисциплін, пов'язаних не лише з програмуванням, а і з комп'ютерною графікою і тривимірним моделюванням зокрема. На нашу думку, розпочинати вивчення основ тривимірного моделювання майбутніми бакалаврами з комп'ютерних наук доцільно під час вивчення таких дисциплін, як, наприклад, “Комп'ютерна графіка”, “Основи комп'ютерного дизайну”, “Обробка зображень та мультимедіа” та, з метою комплексного розвитку графічної компетентності майбутніх бакалаврів з комп'ютерних наук, у межах роботи в міждисциплінарному контексті застосовувати отримані вміння і навички під час розв'язання внутрішньо-предметних завдань таких дисциплін, як, наприклад, “Основи ігрового програмування”, “Візуальне програмування” та “Програмування та підтримка веб-застосувань”. Для ґрунтовного розгляду питання затребуваності графічної компетентності, зокрема навичок тривимірного моделювання, нами було здійснено аналіз он-лайн баз вакансій (табл. 1), де зазначено загальну кількість вакансій баз. Нами було виокремлено кількість вакансій графічної спрямованості, що охоплює такі вакансії, як веб-дизайн, проектування інтерфейсів, візуалізацію, анімацію, дизайн поліграфічної продукції, тривимірного моделювання тощо, та зазначено відсоткову частку цих вакансій до загальної кількості вакансій. Було підраховано кількість вакансій із затребуваними вміннями тривимірного моделювання, та їх відсоткова частка від загальної кількості вакансій у базі. У останньому стовпці нами було наведено відсоткову частку співвідношення затребуваності фахівців з тривимірного моделювання від кількості вакансій графічної спрямованості.

Таблиця 1

Аналіз даних он-лайн баз вакансій

Джерело	Загальна кількість вакансій	Вакансії графічної спрямованості, %		Володіння тривимірними редакторами, %		Частка вакансій 3D спрямованості до графічної, %
indeed.com	361969	2900	0,80%	441	0,12%	15,21%
careerbuilder.com	256268	4590	1,79%	2168	0,85%	47,23%
jobs.aol.com	722712	311986	43,17%	16883	2,34%	5,41%
hh.ua	43932	13838	31,50%	158	0,36%	1,14%
work.ua	29316	125	0,43%	98	0,33%	78,40%
rabota.ua	30145	1640	5,44%	88	0,29%	5,37%
superjob.ru	190252	2034	1,07%	813	0,43%	39,97%
hh.ru	255045	13838	5,43%	2848	1,12%	20,58%

На основі даних аналізу робимо висновок, що вакансії графічної спрямованості дуже затребувані на сучасному ринку праці, а фахівці з тривимірного моделювання — найбільш затребувані серед вакансій графічної спрямованості, та, у окремих випадках, їх відсоткове співвідношення переважає від 50% до 80%. Аналіз вакансій показав, що фахівці в галузі проектування, створення і супроводу веб-сайтів затребувані в різних галузях. До таких галузей відносяться: інформаційні технології, телекомунікаційні послуги, консалтингові послуги, інтернет-торгівля, виробництво меблів, туризм (створення тривимірних та інтерактивних карт), розробка для віртуальної реальності, дизайнер персонажів для комп'ютерних ігор тощо. За даними jobius.com.ua [14]

сумарна кількість вакансій тривимірної графіки по всіх регіонах України складає близько 34698 місць, а розподіл оплати праці представлена графіком (рис. 1).

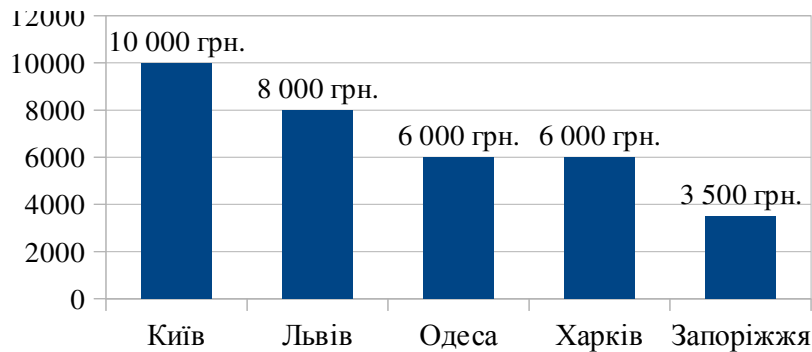


Рис. 1. Медіана заробітної плати для вакансії 3D-дизайнер по регіонах України

Отже, з огляду на актуальність і затребуваність знань з тривимірного моделювання, відзначимо необхідність вивчення майбутніми бакалаврами з комп'ютерної графіки основ тривимірного моделювання, як засобу формування графічної компетентності, як однієї зі складових професійної компетентності. Для вибору найбільш актуального для вивчення програмного забезпечення нами було здійснено більш ґрунтовний аналіз запитів з он-лайн баз вакансій, у результаті проведення якого було виявлено затребуваність на ринку праці великого спектру програмних засобів, таких, як 3DsMax, Maya, Blender, Cinema 4D, Houdini, Octane, Autodesk Mudbox, Quixel, Zbrush, Substance Painter, Unity, Unreal Engine 4 та AutoCAD, що пояснюється вужчою спрямованістю окремих програмних засобів. Дані проведеного аналізу наочно представлені діаграмою (рис. 2).

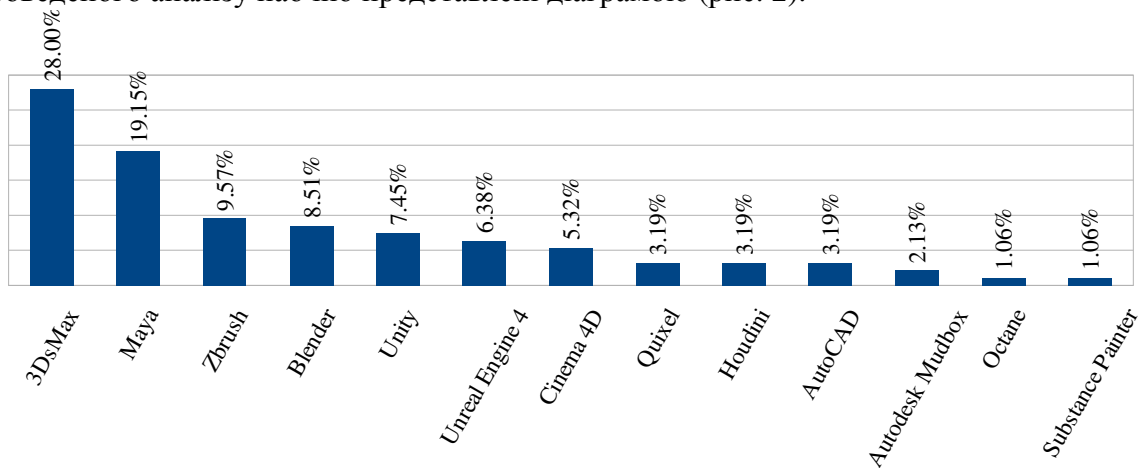


Рис. 2. Співвідношення затребуваності засобів тривимірного моделювання на ринку праці

За даними побудованої діаграми нами було виокремлено сім провідних засобів і безумовних лідерів серед затребуваних програмних засобів тривимірного моделювання, а саме 3DsMax, Maya, Zbrush, Blender, Unity, Unreal Engine 4 та Cinema 4D.

Досліджуючи актуальність умінь роботи з цими графічними редакторами, нами було проведено порівняння затребуваності цих програмних засобів у співставленні запитів на вітчизняному ринку й закордоном, що візуалізовано на рис. 3. На діаграмах зазначено відсоткове співвідношення і кількість запитів ринку праці. З даних діаграм

робимо висновок, що закордонних вакансій значно більше, ніж вітчизняних, й попри це, Unreal Engine 4 взагалі не користується попитом на вітчизняному ринку, проте значним попитом на вітчизняному ринку, порівняно із закордонним, користуються 3DsMax та Maya.

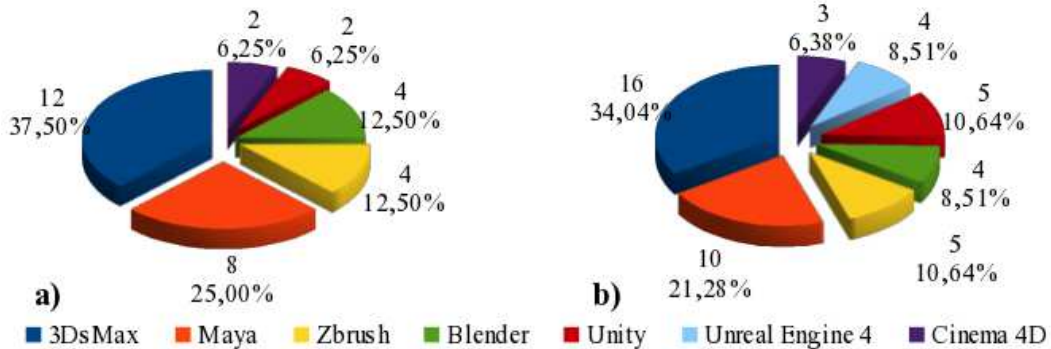


Рис. 3. Співвідношення ринкових пропозицій і вакансій тривимірної графіки на вітчизняному (a) та закордонному ринку праці (b)

Також, у результаті проведення аналізу, були досліджені вимоги роботодавців до фахівців, і були виявлені найбільш популярні і затребувані технології тривимірного моделювання, а саме Designing UX for Virtual Reality, Particle Systems, Physics, Ribbons, Shaders, FX Textures, Mental Ray, V-Ray, Texturing (UV Mapping), Object Rigging. Також було виявлено пріоритетність умінь Low Poly Modeling (70%) перед High Poly Modeling (30%), що зумовлено тим, що High Poly Modeling є більш високооплачуваною роботою, з огляду на значну деталізацію опрацювання моделі, а Low Poly Modeling оплачується нижче, за рахунок значного спрощення форми об'єктів. Також визначним чинником стає умова значного навантаження на технічні ресурси комп'ютера, що, у свою чергу, зумовило більший попит на Low Poly Modeling для ігрової індустрії, де, наприклад при візуалізації оточення, перевагу надають об'єктам, що здійснюють менше навантаження на обчислювальні можливості техніки, проте не псують загальне сприйняття зображення. Результати аналізу представлені на діаграмі (рис. 4).

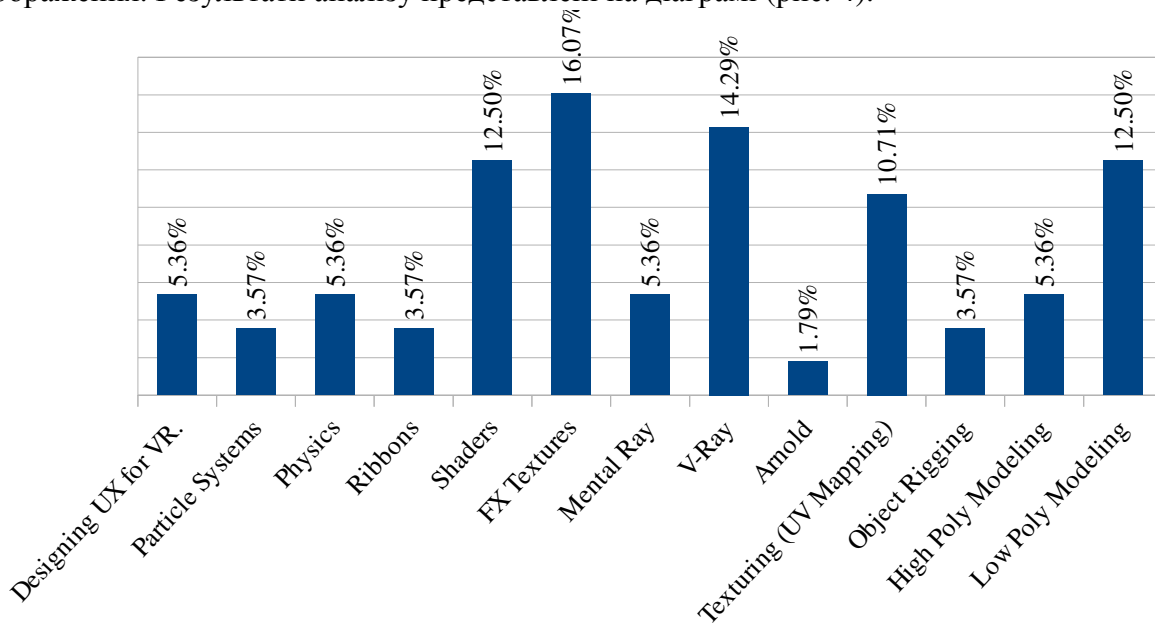


Рис. 4. Співвідношення затребуваності технологій тривимірного моделювання на ринку праці

Розглядаючи затребуваність навичок роботи з окремими технологіями тривимірного моделювання, нами було здійснено ретроспективний аналіз запитів ринку праці на знання технологій тривимірного моделювання протягом 2010-2015 років та візуалізовано отримані дані у вигляді діаграми (рис. 5).

З огляду на отримані результати, робимо висновок, що динаміка затребуваності таких технологій, як Designing UX for VR стрімко почала зростати, що спричинено зростаючим попитом на розробку програмного забезпечення для окулярів віртуальної реальності та програмне забезпечення для доповненої реальності.

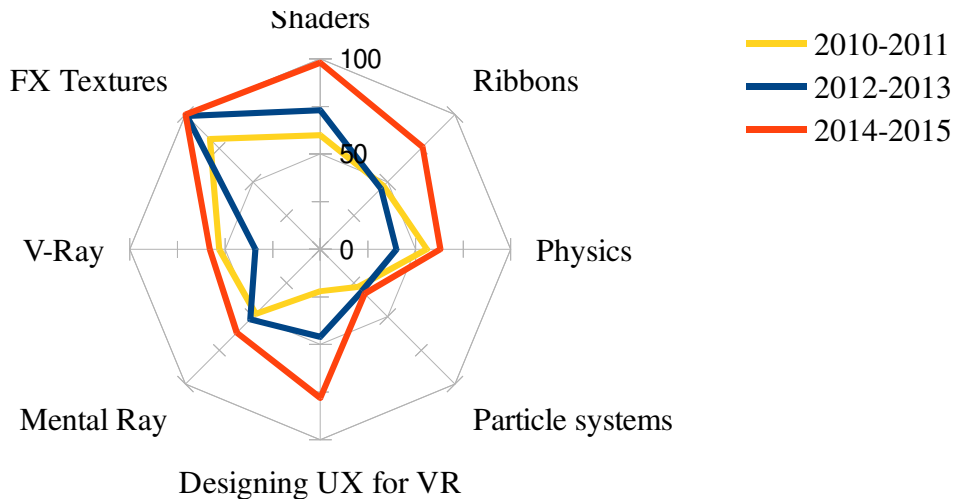


Рис. 5. Відсоткове співвідношення затребуваності засобів тривимірного моделювання на ринку праці

Також динаміка зростання попиту відзначається на технології, що широко застосовуються для ігрового дизайну, такі як Physics, Ribbons, Shaders, FX textures, Mental Ray та V-Ray, що значно обумовлюється високими вимогами до сучасної візуалізації ігрового простору комп'ютерних ігор, зокрема на реалістичність рендерінгу персонажів, текстурування, освітлення, взаємодії об'єктів тощо.

3.2. Класифікація інструментарію засобів тривимірного моделювання

Спектр програмних продуктів, що дозволяють створювати тривимірну графіку, тобто моделювати об'єкти віртуальної реальності і формувати на основі цих моделей зображення, дуже різноманітний.

Упродовж останнього десятиліття стійкими лідерами у галузі тривимірного моделювання є такі програмні середовища, як Maya, 3DsMAX, Blender, Solid Works, Cinema 4D, ZBrush, Houdini, Octane, Autodesk Mudbox, Quixel, AutoCAD, порівняно нові Lightwave, Rhino, Renderman, Strata StudioPro, Extreme 3D, Simply 3D та ін. Також значної популярності нині набувають такі графічні інтегровані середовища розробки (IDE) як Unity та Unreal Engine 4, що активно використовуються в ігровій інженерії; системи Detailer, MeshPaint 3D, Media Paint та 4D Paint, які дозволяють наносити фактури на поверхні об'єктів; система 3D Dizzy, що уможливорює імпорт моделей, згенерованих системами тривимірного моделювання Adobe; система Sculpt 3D, яка допомагає створювати скульптурні об'єкти; система Poser, у якій зібрана бібліотека об'ємних фігур у різноманітному одязі й позах. Серед спеціальних систем можна назвати і редактори тривимірних шрифтів: Typestry, Add Depth, Crystal Flying Fonts, LogoMotion, Font F/X, Strata Type 3D або Adobe Dimensions [15].

З огляду на велику кількість різноманітних програмних засобів тривимірного моделювання, стає необхідність у їх класифікації. На основі проведеного аналізу літератури і практичних навичок у тривимірному моделюванні нами було запропоновано класифікацію засобів тривимірного моделювання (рис. 6).

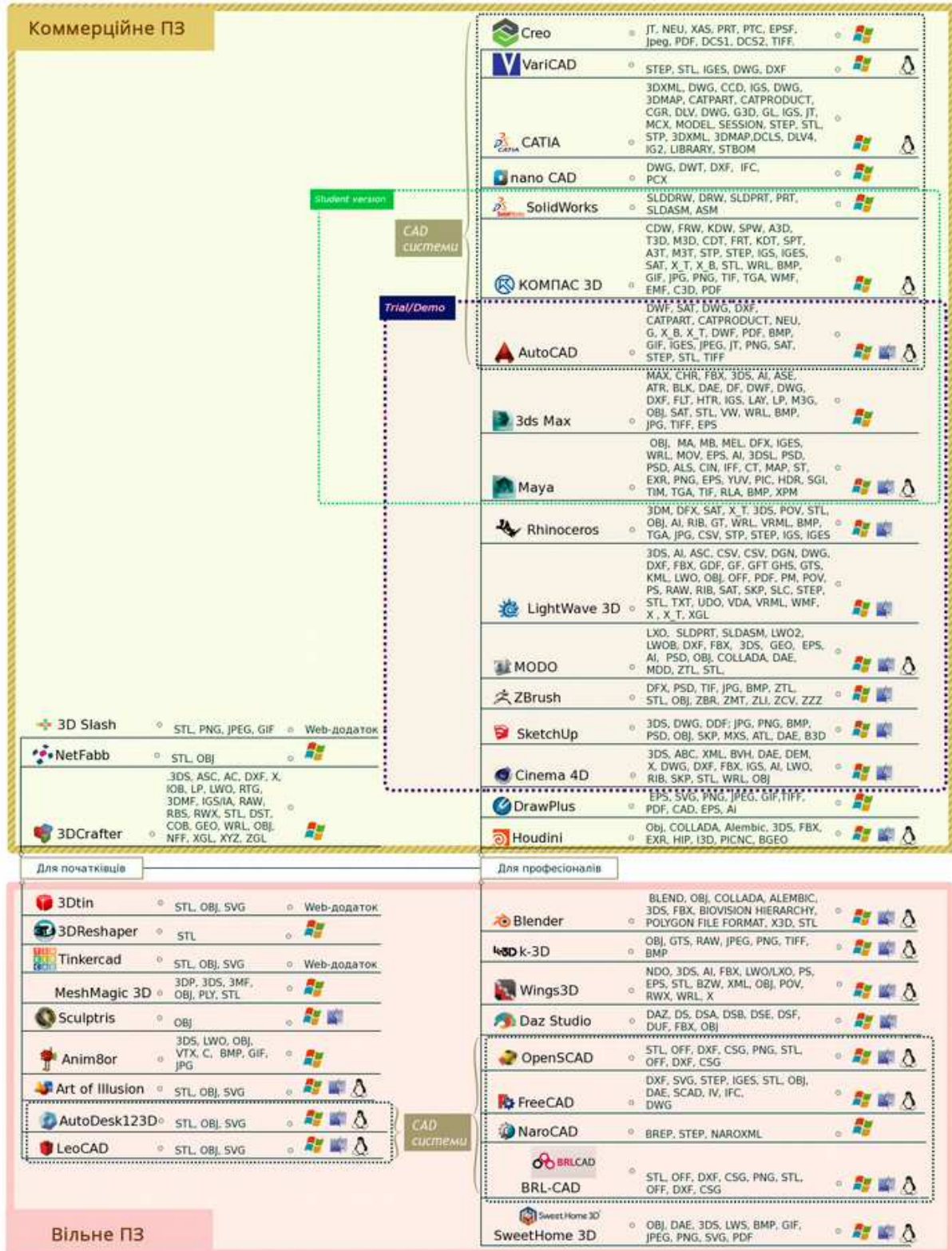


Рис. 6. Класифікація засобів тривимірного моделювання за цільовою аудиторією і ступенем доступу

У поділі за визначну ознаку було взято ступінь доступу використання програмного забезпечення, адже, як наголошував В. Осадчий [16], ліцензійні програмні засоби створення й обробки графічних даних коштують недешево, і, з огляду на фінансове становище середніх та вищих навчальних закладів, використання відкритого програмного забезпечення в процесі викладання дисциплін базового курсу є визначним чинником у відборі засобів для навчання, зокрема вивченню основ тривимірного моделювання. Також нами було враховано зорієнтованість програмного забезпечення на аудиторію початківців чи на професійне використання. Так, наприклад, до програмного забезпечення, що розраховане на професійне використання, нами було віднесено 3DsMax, Blender, k-3D, Wings3D, AutoCAD, Solid Works, Cinema 4D, ZBrush, Houdini та інші. До програмного забезпечення, що спрямоване на роботу початківців, було віднесено 3Dtin, Tinkercad, 3D Slach та інші. Було виокремлено серед зазначених програмних засобів комерційні та вільні програмні засоби. Так серед програм з вільним доступом наведено Blender, k-3D, FreeCAD, BRL-CAD та інші. Серед комерційних програмних засобів було виокремлено SolidWorks, AutoCAD, Maya, Zbrush, 3DsMax та інші. Зокрема у класифікації серед комерційних програмних засобів виокремлені ті, що мають Trial або Demo доступ, та ті, що мають вільний доступ для студентської аудиторії під час обмеженого проміжку часу (від року до трьох), наприклад SolidWorks, AutoCAD, Maya та 3DsMax. Як окрему категорію окреслено системи CAD проектування.

Для зручності використання у класифікації було надано основні характеристики, такі, як покажчик формату файлів імпорту й експорту (як формати створення, так і формати вихідних даних) та платформи, на яких можливе використання окремого програмного засобу.

Оскільки саме від типу програмного забезпечення залежить вибір технології моделювання і методу розв'язання проблем, що можуть виникнути в процесі експорту й імпорту вихідних даних тривимірних об'єктів, розроблена класифікація дозволяє оперативно провести вибір необхідного програмного забезпечення під вимоги кожного окремого проекту, що значно скорочує час і ресурси, необхідні для реалізації поставленої задачі тривимірного моделювання.

3.3. Засоби тривимірного моделювання відповідно до базових етапів моделювання і складових компонентів

Програмне забезпечення для тривимірного моделювання використовує фундаментальні методи тривимірного моделювання, і використовує програмні пакети для моделювання, що мають вузькоспеціалізоване призначення: вони використовуються для текстурування, анімації, завершальної обробки тощо. Анімація, що опрацьована засобами тривимірного моделювання, може бути експортована у відеоформат, який на етапі завершальної обробки можливо відредагувати чи, наприклад, накласти звуковий супровід, у таких відомих програмних продуктах, як Adobe Premiere Pro, Final Cut Pro, Autodesk Combustion, Digital Fusion, Shake тощо. Зазвичай, також використовуються інші засоби з метою приведення до відповідності відео в реальному часі з відео комп'ютерної графіки, синхронізуючи рух камери [17, с. 20].

Встановлено, що моделювання має у своєму розпорядженні велику кількість засобів зі створення різноманітних за формою і складністю тривимірних моделей і поверхонь, які їх утворюють, з використанням різних технік і механізмів: Editable Mesh та Editable Poly (полігональне моделювання); Editable Patch (моделювання порцій

Безье); NURBS (моделювання неоднорідних раціональних B-сплайнів); моделювання на основі примітивів і модифікаторів.

Ще одним принципом формоутворення в тривимірному моделюванні є технологія, основана на об'єднанні двох і більше об'єктів для створення нового параметричного об'єкта: Compound Objects (складені об'єкти). До них належать булеві об'єкти, а саме Morph-об'єкти та Loft-об'єкти.

На думку О. Меженіна [18, с. 11], найбільш поширеним методом побудови реалістичних зображень є RayTracing (трасування променів). При побудові зображення промінь надсилається в заданому напрямку для оцінки світлової енергії, що приходить звідти. Ця енергія визначається освітленістю першої поверхні, що зустрілася на шляху променя. Спрощеним алгоритмом зворотного трасування променів є Scanline – він же Raycasting («кидання променя») – розрахунок кольору кожної точки зображення, побудовою променя з точки зору спостерігача через уявний отвір в екрані на місці цього пікселя «в сцену», до перетину з першою поверхнею. Колір пікселя буде таким же, як колір цієї поверхні (іноді з урахуванням освітлення тощо). Raytracing (трасування променів) – те ж, що і Scanline, але колір пікселя уточнюється за рахунок побудови додаткових променів (відображених, заломлених тощо) від точки перетину лінії погляду. Зважаючи на назву, застосовується тільки зворотне трасування променів (тобто саме від спостерігача до джерела світла), адже пряме трасування променів вкрай неефективне і споживає занадто багато ресурсів для отримання якісного зображення.

Global illumination або radiosity (глобальне освітлення) – розрахунок взаємодії поверхонь і середовищ у зоровому спектрі випромінювання за допомогою інтегральних рівнянь. Межа між алгоритмами трасування променів у даний час майже стерлася, тому частіше поняття Raycasting відноситься до зворотного трасування променів, а Raytracing – до прямого.

Існує декілька технологій візуалізації, часто комбінованих разом, наприклад відкрита графічна бібліотека Z-буфер, що використовується в OpenGL і DirectX. Специфікація OpenGL (від Open Graphics Library) визначає незалежний від мови програмування, крос-платформний інтерфейс для написання програм, що використовують двовимірну і тривимірну графіку. Включає близько 250 функцій для формування складних тривимірних зображень з простих геометричних фігур. Використовується і для візуалізації в наукових дослідженнях [19]. Набір API функцій DirectX, розроблених для розв'язання завдань, пов'язаних з ігровим програмуванням і програмуванням графіки для операційної системи Microsoft Windows [20]. Для роботи з тривимірним моделюванням найкраще підходить Direct Animation, але, як результат заявлених проблем з безпекою, стала відсутність підтримки цієї технології розробниками, та згортання її розробки й розвитку взагалі. Проте багатьом сучасним технологіям ще не вдалося досягти рівня швидкодії, що мала технологія Direct Animation [21, с. 303].

Для кращого розуміння доцільності використання окремих програмних пакетів нами було проведено аналіз функціоналу і проведено класифікацію найбільш популярних пакетів, що спеціалізуються на відповідних технологіях, відносно послідовності базових етапів створення тривимірної моделі, таких як моделювання, текстурування, освітлення, анімація, динамічна симуляція, rendering і завершальна обробка, і їх складових компонентів, і систематизовано дані у таблиці (табл. 3.).

Таблиця 2

Класифікація засобів тривимірного моделювання відповідно до базових етапів моделювання та їх складових компонентів

Етап	Моделювання		Текстурування	Освітлення	Анімація	Динамічна симуляція	Rendering		Завершальна обробка	
Характеристика	Створення тривимірної математичної моделі сцени та об'єктів у ній		Визначення поверхонь растрових та процедурних текстур моделей	Установлення та налаштування джерел світла	Надання руху об'єктам	Розрахунок взаємодії структур одне з одним	Побудова проєкцій у співвідношенні з обраною фізичною моделлю		Доопрацювання зображення	
Складові етапи та технології	На основі примітивів та модифікаторів		Прозорість	Omni light (Point light)	DirectAnimation	Взаємодія часток, твердих або м'яких тіл	Z-буфер		Накладання аудіо	
	Compound objects			Spot light		Моделювання сил гравітації				
	Morph-об'єкти	Loft-об'єкти		Directional light		Моделювання сил вітру				
	Editable mesh	Editable patch	Area light (Plane light)	Взаємодія об'єктів : Dynamic, Kinematic, Static		Global illumination				
	SVG	Editable poly	Шорсткість			Photometric	Raycasting	Накладання додаткових візуальних ефектів		
	VML	Nurbs				Raytracing				
	Найбільш популярні програмні пакети	Pixologic Zbrush	Google SketchUp	Unfold3D magic			Autodesk MotionBuilder		PhotoRealistic RenderMan	BusyRay
Autodesk Mudbox		Blender	Deep UV	DAZ Studio	Mental ray		Indigo Renderer		Final Cut Pro	Samplitude
Autodesk 3D max		Компас (САПР)	Unwrella	PMG Messiah Studio	Brazil R/S		Fryrender			
				iClone	Turtle		YafaRay			
				LuxRender	POV-Ray		Багатопотокові		GarageBand	Wavelab
				Aurora 3D Animation Maker	Cycles				LuxRender	Sony Vegas
				Vray-RT	Iray					

4. ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

У процесі дослідження був проведений контент-аналіз ринку праці і вимог до результатів професійної підготовки бакалаврів з комп'ютерних наук на знання й уміння з тривимірного моделювання. Було виокремлено найбільш популярні засоби для створення тривимірних моделей, такі, як 3DsMax, Maya, Zbrush, Blender, Unity, Unreal Engine4 та Cinema4D. Зроблено висновки щодо співвідношення ринкових потреб українського і закордонного ринків вакансій і виявлено основні відмінності. Здійснено ретроспективний аналіз затребуваності засобів тривимірного моделювання на ринку праці відносно їх використання у процесі формування графічної компетентності у майбутніх бакалаврів з комп'ютерних наук. Була проведена класифікація програмних засобів із тривимірного моделювання за базовими ознаками, такими як ступінь доступу використання програмного забезпечення і його зорієнтованість на початківців чи на професійне використання. Виділено базові етапи створення тривимірної моделі, у результаті чого було проаналізовано і систематизовано у таблицю класифікацію програмних пакетів відповідно до виділених основних етапів тривимірного моделювання та їх складових.

Аналіз і систематизація існуючих засобів тривимірного моделювання сприяли відбору того програмного забезпечення, яке найкраще відповідає вимогам процесу формування графічної компетентності під час підготовки майбутніх бакалаврів з комп'ютерних наук.

Серед подальших напрямів дослідження є пошук, обґрунтування та адаптація доцільних форм і методів формування графічної компетентності майбутніх бакалаврів з комп'ютерних наук, розкриттю можливостей професійного інструментарію з тривимірного моделювання, технічних прийомів, методів виконання тривимірних моделей. Подальші дослідження зокрема будуть присвячені аналізу навчальних планів спеціальності 122 «Комп'ютерні науки» та дослідженню логіко-структурних схем освітньо-професійної програм з метою виявлення міждисциплінарних та внутрішньо-предметних зв'язків дисциплін з метою комплексного формування графічної компетентності майбутніх бакалаврів з комп'ютерних наук.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Верховна Рада України. (1991, Трав. 23). *Закон № 1060-XII, Про освіту*. [Електронний ресурс]. Доступно: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/1060-12>. Дата звернення: Трав. 18, 2017.
- [2] Верховна Рада України. (2014, Лип. 01). *Закон № 1556-VII, Про вищу освіту*. [Електронний ресурс]. Доступно: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/1556-18>. Дата звернення: Трав. 18, 2017.
- [3] Верховна Рада України. (1993, Листоп. 03). *Заходи № 896, Про Державну національну програму "Освіта" ("Україна XXI століття")*. [Електронний ресурс]. Доступно: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/896-93-%D0%BF>. Дата звернення: Трав. 18, 2017.
- [4] Верховна Рада України. (2002, Квіт. 17). *Доктрина № 347/2002, Про Національну доктрину розвитку освіти*. [Електронний ресурс]. Доступно: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/347/2002>. Дата звернення: Трав. 18, 2017.
- [5] *Computer Science Curricula 2013 – Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Computer Science* [Електронний ресурс]. Доступно: <http://www.acm.org/education/CS2013-final-report.pdf>. Дата звернення: Трав. 18, 2017.
- [6] Л. Аммерал, *Машинная графика на персональных компьютерах*, Москва, Россия: "Сол Систем", 1992
- [7] К. Осадча та Г. Чемерис, "Аналіз сутності поняття «графічна компетентність» у системі підготовки майбутнього бакалавра з комп'ютерних наук" *Ukrainian Journal of Educational Studies and Information Technology Vol. 5. No. 3., с. 37-46* [Електронний ресурс]. Доступно: <http://www.ojs.mdpu.org.ua/index.php/itse/article/view/1929> Дата звернення: Бер. 14, 2017.

- [8] П. Буянов "Формування графічної культури у майбутніх учителів трудового навчання України та Російської Федерації (порівняльний аналіз)", автореф. дис. канд. пед. наук., Інституту педагогічної освіти і освіти дорослих, 2008.
- [9] М. Ожга "Методика навчання систем 3D проектування майбутніх інженерів-педагогів комп'ютерного профілю", автореф. дис. канд. наук., Укр. інженерно-педагогічної акад., 2015
- [10] Кабінет Міністрів України. (2015, Квіт. 29). *Постанова № 266, Про затвердження переліку галузей знань і спеціальностей, за якими здійснюється підготовка здобувачів вищої освіти*. [Електронний ресурс]. Доступно: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/KP150266.html. Дата звернення: Трав. 18, 2017.
- [11] Кабінет Міністрів України. (2017, Лют. 01). *Постанова № 32, Про внесення змін до постанови Кабінету Міністрів України від 29 квітня 2015 № 266 "Про затвердження переліку галузей знань і спеціальностей, за якими здійснюється підготовка здобувачів вищої освіти"*. [Електронний ресурс]. Доступно: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/KP170053.html. Дата звернення: Трав. 18, 2017.
- [12] Держспоживстандарт України "Національний класифікатор України. Класифікатор видів економічної діяльності ДК 009 : 2010", *Наказ № 457 (із змінами від 29 листопада 2010 р. № 530)* (2010, Жов. 11). [Електронний ресурс]. Доступно: <http://accountant.od.ua/wp-content/uploads/2016/06/KVED.pdf> Дата звернення: Трав. 18, 2017.
- [13] "Зарплата дизайнера. Статистика рынка труда", *Rabota.ru*, 2017 [Online]. Available: https://www.rabota.ru/research/statistika_rynka_truda/zarplata_dizajnerov.html. Accessed on: May 18, 2017.
- [14] "Показатели рынка труда по вакансии «3d-дизайнер»", *Jobius.com*, 2017 [Online]. Available: http://jobius.com.ua/t/запорожье/v/3d_дизайнер. Accessed on: May 18, 2017.
- [15] Г. Чемерис, "Аналіз засобів тривимірної графіки для навчання майбутніх бакалаврів з комп'ютерних наук" *Інформаційні технології в освіті та науці: Збірник наукових праць*. Мелітополь, Україна: Вид-во МДПУ ім. Б.Хмельницького, с. 283-287, 2017.
- [16] В. Осадчий, "Місце відкритого програмного забезпечення в обробці графічної інформації", *Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики: Збірник наукових праць*. Кривий Ріг, Україна: Видавничий відділ НМетАУ, т. 3, с. 247-250, 2003.
- [17] О. Ненов *Програмні засоби мультимедійних систем: Навчальний посібник*. Одеса, Україна: Одеська національна академія харчових технологій, ч. 1., 2016.
- [18] А. Меженін, *Технологии 3d моделирования для создания образовательных ресурсов. Учебное пособие*. Санкт-Петербург, Россия: СПб., 2008.
- [19] Р. Райт і Б. Липчак, *OpenGL. Суперкнига*. Москва, Россия: Вильямс, 3 изд., 2006.
- [20] Д. Адамс, *DirectX: продвинутая анимация*. Москва, Россия: Кудиц-пресс, 2004.
- [21] Р. Каркач, "Розробка програмного забезпечення для роботи з 3D графікою на платформі Mozilla", *Інформаційні управляючі системи та технології та комп'ютерний моніторинг (ІУС та КСМ 2010)*. Донецьк, Україна: ДонНТУ, с. 302-305, 2010.

Матеріал надійшов до редакції 14.06.2017 р.

СРЕДСТВА ТРЕХМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ФОРМИРОВАНИЯ ГРАФИЧЕСКОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ БУДУЩИХ БАКАЛАВРОВ КОМПЬЮТЕРНЫХ НАУК

Осадча Катерина Петровна

кандидат педагогических наук, доцент кафедры информатики и кибернетики
Мелитопольский государственный педагогический университет имени Богдана Хмельницкого,
г. Мелитополь, Украина
ORCID 0000-0003-0653-6423
okp@mdpu.org.ua

Чемерис Анна Юрьевна

аспирант
Мелитопольский государственный педагогический университет имени Богдана Хмельницкого,
г. Мелитополь, Украина
ORCID 0000-0003-3417-9910
Anyta.Chemeris@gmail.com

Аннотация. Статья посвящена отдельным аспектам процесса формирования графической компетентности у будущих бакалавров компьютерных наук при обучении основам работы со средствами трехмерного моделирования. Приведен анализ, классификация и систематизация средств объемно-пространственного проектирования. Цель работы заключается в исследовании инструментария и классификации средств трехмерного моделирования и соотношению навыков, формирующихся относительно востребованных на рынке труда с целью их дальнейшего использования в процессе формирования графической компетентности при подготовке будущих бакалавров по компьютерным наукам. Определены особенности процесса формирования графической компетентности будущего бакалавра компьютерных наук посредством выявления, анализа и систематизации средств объемно-пространственного моделирования и видов трехмерной графики на современном этапе развития информационных технологий.

Ключевые слова: трехмерное моделирование; графическая компетентность; бакалавры по компьютерным наукам.

THREE-DIMENSIONAL MODELING TOOLS IN THE PROCESS OF FORMATION OF GRAPHIC COMPETENCE OF THE FUTURE BACHELOR OF COMPUTER SCIENCE

Kateryna P. Osadcha

PhD (pedagogical science), Associate Professor of the Department of Informatics and Cybernetics
Melitopol state pedagogical university named after Bogdan Khmelnytsky, Melitopol, Ukraine
ORCID 0000-0003-0653-6423
okp@mdpu.org.ua

Hanna Yu. Chemerys

PhD student
Melitopol state pedagogical university named after Bogdan Khmelnytsky, Melitopol, Ukraine
ORCID 0000-0003-3417-9910
Anyta.Chemeris@gmail.com

Abstract. The article is devoted to some aspects of the formation of future bachelor's graphic competence in computer sciences while teaching the fundamentals for working with three-dimensional modelling means. The analysis, classification and systematization of three-dimensional modelling means are given. The aim of research consists in investigating the set of instruments and classification of three-dimensional modelling means and correlation of skills, which are being formed, concerning inquired ones at the labour market in order to use them further in the process of forming graphic competence during training future bachelors in computer sciences. The peculiarities of the process of forming future bachelor's graphic competence in computer sciences by means of revealing, analyzing and systematizing three-dimensional modelling means and types of three-dimensional graphics at present stage of the development of informational technologies are traced a line round. The result of the research is a soft-ware choice in three-dimensional modelling for the process of training future bachelors in computer sciences.

Keywords: three-dimensional graphics; graphic competence; bachelors of computer science.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

- [1] Verkhovna Rada Ukrainy. (1991, May. 23). *The Law No 1060-XII, On Education*. [Online]. Available: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/1060-12>. Accessed on: May. 18, 2017. (in Ukrainian)
- [2] Verkhovna Rada Ukrainy. (2014, July. 01). *The Law No 1556-VII, On Higher Education*. [Online]. Available: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/1556-18>. Accessed on: May. 18, 2017. (in Ukrainian)
- [3] Verkhovna Rada Ukrainy. (1993, Nov. 03). *Events No 896, On the State National Program "Education" ("Ukraine XXI century")*. [Online]. Available: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/896-93-%D0%BF>. Accessed on: May. 18, 2017. (in Ukrainian)

- [4] Verkhovna Rada Ukrainy. (2002, April. 17). *Doctrine No 347/2002, On National Doctrine of Education*. [Online]. Available: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/347/2002>. Accessed on: May. 18, 2017. (in Ukrainian)
- [5] *Computer Science Curricula 2013 – Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Computer Science* [Online]. Available: <http://www.acm.org/education/CS2013-final-report.pdf>. Accessed on: May. 18, 2017. (in English)
- [6] L. Ammeral, *Computer graphics on personal computers*, Moskva, Rossija: "Sol Sistem", 1992. (in Russian)
- [7] K. Osadcha and H. Chemerys "Analysis Of The Mention Of The Concept "Graphic Competence" In The Preparation Of The Future Bachelor Of Computer Science". *Ukrainian Journal of Educational Studies and Information Technology*, v. 5, n. 3, p. 37-46. , 2017 [Online]. Available: <http://www.ojs.mdpu.org.ua/index.php/itse/article/view/1929> Accessed on: Sept. 14, 2017. (in Ukrainian)
- [8] P. Buianov "Formation Of Graphic Culture Of Future Teachers Of Labor Studies Ukraine And The Russian Federation (benchmarking)", Thesis. Dis. candidate. ped. Science, Instytutu pedahohichnoi osvity i osvity doroslykh, 2008. (in Ukrainian)
- [9] M. Ozhha "Teaching Methods of 3D design of future engineers-teachers of computer type", Thesis. Dis. candidate. Science., Ukr. inzhenerno-pedahohichnoi akad., 2015. (in Ukrainian)
- [10] Kabinet Ministriv Ukrainy. (2015, Квіт. 29). *Resolution No 266, On the list of disciplines and specialties, which trains candidates Higher Education*. [Online]. Available: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/KP150266.html. Accessed on: May. 18, 2017. (in Ukrainian)
- [11] Kabinet Ministriv Ukrainy. (2017, Лют. 01). *Resolution No 32, On Amendments to the Cabinet of Ministers of Ukraine dated April 29, 2015 Resolution No 266 "On approving the list of disciplines and specialties, which trains candidates of higher education"*. [Online]. Available: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/KP170053.html. Accessed on: May. 18, 2017. (in Ukrainian)
- [12] Derzhspozhyvstandart Ukrainy "National qualifier Ukraine. Classification of economic activities DK 009: 2010", *Order No 457 (with amendments of 29 November 2010 r. number 530)* (2010, Oct. 11). [Online]. Available: <http://accountant.od.ua/wp-content/uploads/2016/06/KVED.pdf> Accessed on: May. 18, 2017. (in Ukrainian)
- [13] "The salary of the designer. Labor market statistics", *Rabota.ru*, 2017 [Online]. Available: https://www.rabota.ru/research/statistika_rynka_truda/zarplata_dizajnerov.html. Accessed on: May 18, 2017. (in Russian)
- [14] "Indicators of the labor market for vacancies «3d-designer»", *Jobius.com*, 2017 [Online]. Available: http://jobius.com.ua/r/запорожье/v/3d_дизайнер. Accessed on: May 18, 2017. (in Russian)
- [15] H. Chemerys "Analysis of three-dimensional graphics for studies future Bachelor of Computer Science" *Informatsiini tekhnolohii v osviti ta nauksi: Zbirnyk naukovykh prats. Melitopol, Ukraina: Vyd-vo MDPU im. B.Khmelnyskoho*, p. 283-287, 2017. (in Ukrainian)
- [16] V. Osadchij "Place Open Source Software In The Processing Of Graphics ", *Teoriia ta metodyka navchannia matematyky, fizyky, informatyky: Zbirnyk naukovykh prats. Kryvyi Rih, Ukraina: Vydavnychi viddil NMetAU*, t. 3, p. 247-250, 2003. (in Ukrainian)
- [17] O. Nienov *Software tools for multimedia systems: Tutorial*. Odesa, Ukraina: Odeska natsionalna akademiia kharchovykh tekhnolohii, part 1., 2016. (in Ukrainian)
- [18] A. Mezhenin *Technologies 3d Modeling for Educational Resources. Tutorial*. Sankt-Peterburg, Rossija: SPb., 2008. (in Russian)
- [19] R. Rajt and B. Lipchak *OpenGL. Superbook*. Moskva, Rossija: Vil'jams, 3 izd., 2006. (in Russian)
- [20] D. Adams *DirectX: advanced animation*. Moskva, Rossija: Kudic-press, 2004. (in Russian)
- [21] R. Karkach "Development Of Software For Working With 3d Graphics Platform Mozilla", *Informatsiini upravliaiuchi systemy ta tekhnolohii ta kompiuternyi monitorynh (IUS ta KSM 2010)*. Donetsk, Ukraina: DonNTU, p. 302-305, 2010. (in Ukrainian).

