

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра «Інженерії програмного забезпечення» (№ 603)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми



І.Б. Туркін
(ініціали та прізвище)

31.08.2021 р.

**СИЛАБУС ВИБІРКОВОЇ
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Програмування віртуальної реальності
(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: 12 Інформаційні технології
(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: 121 Інженерія програмного забезпечення
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма: Інженерія програмного забезпечення
(найменування освітньої програми)

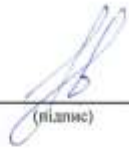
Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Силабус введено в дію з 01.09.2021 року

Харків – 2021 р.

Розробник: Лучшев П.О., доц. каф. 603, к.т.н
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь і вчене звання)


(підпис)

Силабус навчальної дисципліни розглянуто на засіданні кафедри _____
інженерії програмного забезпечення (№ 603)
(назва кафедри)

Протокол № 2 від « 31 » серпня 2021 р.

Завідувач кафедри д-р техн.наук., проф.
(науковий ступінь і вчене звання)


(підпис)

І.Б. Туркін
(ініціали та прізвище)

Погоджено з представником здобувачів освіти:

Представник студентського самоврядування


(підпис)

О.Б. Какур
(ініціали та прізвище)

1. Загальна інформація про викладача



Лучшев Павло Олександрович, к.т.н., доцент.

Викладає в університеті з 1997 року. Розробник дисциплін:

- *Архітектура та проектування програмного забезпечення .Net;*
- *Комп'ютерна графіка з OpenGL;*
- *Теорія віртуальної реальності;*
- *Програмування віртуальної реальності;*
- *Патерни проектування програмного забезпечення систем критичного призначення.*

Напрями наукових досліджень: інженерія програмного забезпечення.

2. Опис навчальної дисципліни

Семестр, в якому викладається дисципліна – 7

Обсяг дисципліни: 3.5 кредитів ЄКТС / 105 годин,

у тому числі аудиторних – 48 год., самостійної роботи здобувачів – 57 год.

Форма здобуття освіти: денна, дистанційна.

Дисципліна: вибіркова.

Види навчальної діяльності: – лекції, лабораторні роботи, самостійна робота здобувача.

Види контролю: модульний та підсумковий контроль (іспит).

Мова викладання: українська

Необхідні обов'язкові попередні дисципліни (пререквізити):

«Лінійна алгебра та аналітична геометрія», «Об'єктно-орієнтоване програмування», «Алгоритми та структури даних», «Людино-машинна взаємодія», «Комп'ютерна графіка з OpenGL»,

Супутні дисципліни (кореквізити): «Програмування для операційної системи Android», «3D графіка та ігрові застосування в Unity»

3. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета дисципліни - надання знань про використання звукових і графічних засобів комп'ютерної техніки для моделювання фотореалістичних об'єктів і створення віртуальної і доповненої реальності, а також оволодіння інструментальними засобами для створення програм, які формують аудіовізуальні образи для впливу на органи слуху і зору людини.

Завдання курсу - розширення практичних навичок використання комп'ютерної графіки і сучасних технічних засобів для створення елементів віртуальної і доповненої реальності.

Мета: Надання знань про методології і методики, а також інструментальні засоби створення віртуальної та доповненої реальності, що впливає на різноманітні органи чуття людини.

Завдання: опанування практичними навичками використання сучасних засобів і технологій для створення віртуальної та доповненої реальності у різноманітних галузях.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні досягти таких компетентностей:

Загальні компетентності.

- ЗК01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
- ЗК02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- ЗК03. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.
- ЗК04. Здатність спілкуватися іноземною мовою як усно, так і письмово.
- ЗК05. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.
- ЗК06. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

Фахові компетентності.

- ФК02. Здатність брати участь у проектуванні програмного забезпечення, включаючи проведення моделювання (формальний опис) його структури, поведінки та процесів функціонування.
- ФК03. Здатність розробляти архітектури, модулі та компоненти програмних систем.
- ФК10. Здатність накопичувати, обробляти та систематизувати професійні знання щодо створення і супроводження програмного забезпечення та визнання важливості навчання протягом всього життя.
- ФК11. Здатність реалізовувати фази та ітерації життєвого циклу програмних систем та інформаційних технологій на основі відповідних моделей і підходів розробки програмного забезпечення.
- ФК13. Здатність обґрунтовано обирати та освоювати інструментарій з розробки та супроводження програмного забезпечення.
- ФК14. Здатність до алгоритмічного та логічного мислення.

Програмні результати навчання:

ПРН01. Аналізувати, цілеспрямовано шукати і вибирати необхідні для вирішення професійних завдань інформаційно-довідникові ресурси і знання з урахуванням сучасних досягнень науки і техніки.

ПРН02. Знати кодекс професійної етики, розуміти соціальну значимість та культурні аспекти інженерії програмного забезпечення і дотримуватись їх в професійній діяльності.

ПРН05. Знати і застосовувати відповідні математичні поняття, методи доменного, системного і об'єктно-орієнтованого аналізу та математичного моделювання для розробки програмного забезпечення.

ПРН08. Вміти розробляти людино-машинний інтерфейс.

ПРН10. Проводити передпроектне обстеження предметної області, системний аналіз об'єкта проектування.

ПРН12. Застосовувати на практиці ефективні підходи щодо проектування програмного забезпечення.

ПРН14. Застосовувати на практиці інструментальні програмні засоби доменного аналізу, проектування, тестування, візуалізації, вимірювань та документування програмного забезпечення.

ПРН15. Мотивовано обирати мови програмування та технології розробки для розв'язання завдань створення і супроводження програмного забезпечення.

ПРН26. Вміти конфігурувати компоненти, організувати робочий процес розгортання та тестувати рішення в його остаточному операційному середовищі.

4. Зміст навчальної дисципліни

Змістовний модуль №1

Тема 1. Основи технологій віртуальної і доповненої реальності

1.1. Базові поняття і визначення технологій віртуальної і розширеної реальності та історія розвитку. Функціональні можливості сучасних додатків і середовищ з імерсивним контентом. Складові імерсивного контенту.

1.2. Сфери застосування і використання технологій віртуальної і розширеної реальності. Сучасний досвід віртуальної реальності. Ідея і сценарій для додатків різного рівня занурення у віртуальний простір.

Тема 2. Пристрої візуалізації і взаємодії для імерсивних середовищ

2.1. Класифікація пристроїв візуалізації і взаємодії для імерсивних середовищ. Пристрої візуалізації віртуальних об'єктів: VR шоломи, окуляри доповненої реальності, панелі і монітори для відображення віртуальних об'єктів.

2.2. Фізіологія та сприйняття людини, пристрої взаємодії з віртуальними об'єктами в імерсивних середовищах: системи трекінгу голови, очей, рухів тіла; рукавички, 3D контролери, пристрої зі зворотним зв'язком, платформи, датчики.

Тема 3. Математика, фізика і фізіологія як базис віртуальних світів

3.1. Геометричні моделі (Geometric Models), Зміна положення та орієнтації (Position and Orientation), способи обертання зображення (Axis-Angle

Representations of Rotation), трансформації точки зору (Viewing Transformations), об'єднання трансформацій (Chaining Transformations).

3.2. Аудіо, фізика звуку (The Physics of Sound), фізіологія слуху людини (The Physiology of Human Hearing), сприйняття слуху (Auditory Perception) рендерінг звуку у приміщенні (Auditory Rendering)

3.3. Світло та оптика, основні властивості світла (Behavior of Light), лінзи та оптичні викривлення (Optical Aberrations), людське око, камери, відображення.

3.4. Фізіологія зору людини, рогівка/фоторецептори / візуальна кора (Visual Cortex), рух очей, імплікація для віртуальної реальності. Візуальне сприйняття (Visual Perception) глибини (Perception of Depth), руху (Perception of Motion), кольору (Perception of Color). Поєднання джерел інформації (Combining Sources of Information).

Змістовний модуль №2

Тема 4. Проектування додатків віртуальної реальності

4.1. Створення візуалізація (Visual Rendering), моделі відстеження та затінення променів (Ray Tracing and Shading Models), растеризація (Rasterization), виправлення оптичних викривлень (Correcting Optical Distortions), поліпшення затримки та відображення кадрів (Improving Latency and Frame Rates), іммерсивні фотографії та відео (Immersive Photos and Videos)

4.2. Рух у реальному та віртуальному світах (Motion in Real and Virtual Worlds), швидкість і прискорення (Velocities and Accelerations), вестибулярна система (The Vestibular System), фізика у віртуальному світі (Physics in the Virtual World), невідповідність руху та пересування (Mismatched Motion and Vection).

4.3. Відстеження (Tracking) 2D/3D орієнтації, положення та орієнтації (Position and Orientation), відстеження приєднаних органів (Attached Bodies), 3D-сканування середовищ (Scanning of Environments). Розпізнавання образів. Методи розпізнавання образів. Типи завдань розпізнавання образів. Технології доповненої реальності. Архітектура додатків доповненої реальності. Сфери застосування доповненої реальності. Обмеження технології доповненої реальності. Огляд засобів розробки додатків доповненої реальності. Маркерні технології доповненої реальності. Створення найпростіших статичних і динамічних QR-кодів.

Тема 5. Розробка додатків доповненої та розширеної реальності

5.1. Основи роботи з SDK Unity 3D. Створення VR-додатки з використанням SDK Unity. Сенсори, маніпулятори, пристрої розпізнавання жестів. Програмне забезпечення функціонування апаратної складової взаємодії з об'єктами віртуальної реальності. Використання Unity Web Player. Питання оптимізації.

5.2. Взаємодія (Interaction), моторика рухів та перепризначення (Motor Programs and Remapping), рух (Locomotion), маніпуляція (Manipulation). Соціальна взаємодія Social Interaction, додаткові механізми взаємодії Additional Interaction Mechanisms

5.3. Різниця між AR, Virtual Reality (VR) і Mixed Reality. Устаткування. Провідні компанії-розробники VR / AR проєктів. Платформи для розробки додатків AR. Етапи розробки: вибір середовища з урахуванням особливостей (мобільний додаток, промисловий або корпоративний контекст), вибір інструментальних засобів, розробка дизайну, кодування (відображення, взаємодія, підтримка), тестування. Технологія розробки AR-додатки в Unity.

Тема 6. Оцінка систем віртуальної реальності та досвід їх застосування

6.1. Перцептивне навчання (Perceptual Training), рекомендації для розробників ПЗ, віртуальна реальність та проблеми комфорту/здоров'я (VR Sickness), експерименти з людьми

6.2. Майбутні напрямки розвитку віртуальної реальності: дотик та пропріоцепція (Touch and Proprioception), запах і смак (Smell and Taste), роботизовані інтерфейси (Robotic Interfaces), інтерфейси мозку та машини (Brain-Machine Interfaces).

Модульний контроль.

Структура навчальної дисципліни

Назва змістовного модуля і тем	Кількість годин				
	Усього	У тому числі			
		л	п	лаб.	с. р.
1	2	3	4	5	6
Змістовний модуль 1.					
1. Основи технологій віртуальної і доповненої реальності	9	4		0	5
2. Пристрої візуалізації і взаємодії для імерсивних середовищ	12	2		4	6
3. Математика, фізика і фізіологія як базис віртуальних світів	22	6		8	8
Разом за змістовним модулем 1	43	12		12	19
Модульний контроль	2				2
Змістовний модуль 2.					
4. Проектування додатків віртуальної реальності	22	6		8	8
5. Розробка додатків доповненої та розширеної реальності	16	4		4	8
6. Оцінка систем віртуальної реальності та досвід їх застосування	5	2		0	3
Разом за змістовним модулем 2	43	12		12	19
Модульний контроль	2				2
Індивідуальне завдання	11				11
Контрольний захід	4				4
Усього годин	105	24		24	57

Теми лабораторних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Створення та моделювання об'єктів віртуальної реальності	6
2.	Фотореалістичність об'єктів віртуальної реальності	6
3.	Сприйняття об'єктів віртуальної реальності людиною	6
4.	Організація взаємодії у віртуальному і реальному світі	6
	Разом	24

Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Моделювання ландшафтів з прив'язкою до реальних карт місцевості	3
2.	Фрактальні моделі біологічних об'єктів	4
3.	Використання шейдерів	4
4.	Моделювання атмосфери	4
5.	Створення стереозображень	4
6.	Створення анагліфних стереозображень	4
7.	Використання звуку в віртуальній реальності	4
8.	Організація взаємодії у віртуальному і реальному світі	4
	Разом:	31

5. Індивідуальне завдання

Виконання розрахунково-графічної роботи на тему «Доповнена реальність» або «Взаємодія з датчиками руху/положення в просторі мобільних пристроїв».

6. Методи навчання

Словесні, наочні, практичні.

7. Методи контролю

Поточний контроль (виконання і захист лабораторних робіт), модульний контроль (тестування за розділами курсу) та підсумковий (семестровий) контроль (іспит у виді комп'ютерного тесту)

8. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль 1			
Робота на лекціях	0...1	8	0...8
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	1...5	3	3...15
Модульний контроль	0...20	1	0...20
Змістовний модуль 2			
Робота на лекціях	0...1	8	0...8
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	1...5	3	3...15
Модульний контроль	0...20	1	0...20
Виконання і захист РГР			1...20
Усього за семестр			60...100

Елементи самостійної роботи студента в складі практичних завдань можуть бути оцінені додатковими балами на розсуд викладача в рамках максимальної сумарної кількості балів.

Семестровий контроль (іспит) проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування й за наявності допуску до іспиту. Під час складання семестрового іспиту студент має можливість отримати максимум 60 балів, які замінюють результати поточних модульних контролів.

Критерії оцінювання роботи здобувача протягом семестру

Задовільно (60-74). Показати мінімум знань та умінь. Уявляти принципи роботи з графічними бібліотеками; математичні основи комп'ютерної графіки; особливості створення графічних програм на платформі OpenGL; методи роботи з одним із інтегрованих середовищ розробки.

Розуміти створення інтерактивних стереоскопічних зображень та використання звуку для створення віртуальних середовищ, та організації взаємодії у віртуальному і реальному світі.

Добре (75-89). Твердо знати мінімум, здати тестування та поза аудиторну самостійну роботу. Досконало розуміти принципи роботи з однією з графічних бібліотек; математичні основи комп'ютерної графіки; особливості створення графічних програм на платформі OpenGL; методи роботи з одним із інтегрованих середовищ розробки. Розуміти як створювати стереоскопічні зображення; використовувати на практиці віртуальні середовища, та організовувати взаємодії у віртуальному і реальному світі.

Відмінно (90-100). Здати всі роботи та контрольні точки з оцінкою «відмінно». Досконально знати всі теми та уміти застосовувати їх на практиці.

Шкала оцінювання: бальна і традиційна

Сума балів	Оцінка за традиційною шкалою	
	Іспит, диференційований залік	Залік
90 – 100	Відмінно	Зараховано
75 – 89	Добре	
60 – 74	Задовільно	
0 – 59	Незадовільно	Не зараховано

9. Політика навчального курсу

Відпрацювання пропущених занять відбувається відповідно до розкладу консультацій, за попереднім погодженням з викладачем. Питання, що стосуються академічної доброчесності, розглядає викладач або за процедурою, визначеною у Положенні про академічну доброчесність.

10. Методичне забезпечення

Навчальні посібники, навчально-методичні посібники, конспекти лекцій, методичні рекомендації з проведення лабораторних робіт тощо, які видані в Університеті знаходяться за посиланням: <https://library.khai.edu/catalog>

Для забезпечення дистанційний доступу до курсу дисципліни застосовуються сервіси <https://mentor.khai.edu/> або <https://classroom.google.com/> за додатковою вказівкою викладача ідентифікатору курсу. Для реєстрації студентів у системах дистанційного доступу використовуються поштові адреси виключно у домені *student.khai.edu*.

11. Рекомендована література

Базова

1. Steve Aukstakalnis Practical Augmented Reality: A Guide to the Technologies, Applications, and Human Factors for AR and VR (Usability) Addison-Wesley Professional; 1st edition, 2016, pp. 450
2. Asra Aslam, Ismi Abidi and M. Sarosh Umar. Towards Stereoscopic Websites. – M.: LAP Lambert Academic Publishing, 2014. – 60 с.
3. Gan Lu. Real-time Immersive human-computer interaction. – M.: LAP Lambert Academic Publishing, 2012. – 196 с.
4. Abdouslam Bashir Arieda. A Virtual / Augmented Reality System with Kinaesthetic Feedback. – M.: LAP Lambert Academic Publishing, 2012. – 364 с.
5. Adrian Pennington, Carolyn Giardina. Exploring 3D: The New Grammar of Stereoscopic Filmmaking. – M.: , 2012. – 224 с.
6. Ankit Arora. Virtual Archery. – M.: LAP Lambert Academic Publishing, 2011. – 64 с.
7. Bernard Mendiburu, Yves Pupulin, Steve Schklair. 3D TV and 3D Cinema. – M.: Focal Press, 2012. – 264 с.
8. Buddika Adikari. Stereoscopic Video Coding for Mobile Applications. – M.: LAP Lambert Academic Publishing, 2010. – 216 с.
9. Claudia Repetto. Embodied Language meets Virtual Reality. – M.: LAP Lambert Academic Publishing, 2013. – 140 с.
10. Je Mayhew. 3D Model Recognition from Stereoscopic Cues. – M.: , 1991. – 286 с.
11. Sean Arden. Adventures in Stereo. – M.: LAP Lambert Academic Publishing, 2014. – 68 с.

Допоміжна

1. Leo Dorst, Daniel Fontijne, Stephen Mann. Geometric Algebra for Computer Science: An Object-Oriented Approach to Geometry. – M.: Morgan Kaufmann, 2007. – 664 с.
2. А.З. Сирис. Теоретические основы геометрической физики и физической геометрии. – М.: КомКнига, 2010. – 280 с.
3. В.С. Бабенко. Виртуальная реальность. Толковый словарь терминов. – М.: Магадан, 2012. – 86 с.
4. Джонотан Линовес. Виртуальная реальность в Unity. – М.: ДМК Пресс, 2016. – 316 с.
5. Unity documentation (официальное русскоязычное руководство для Unity3d)

6. <https://docs.unity3d.com/ru/current/Manual/index.html>
7. Gerard Jounghyun Kim / Designing Virtual Reality Systems: The Structured Approach // Springer Science & Business Media, 2007.– 233 pp.
8. Jonathan Linowes / Unity Virtual Reality Projects // Packt Publishing, 2015.– 286 pp.
9. Bradley Austin Davis, Karen Bryla, Phillips Alexander Benton Oculus Rift in Action 1st Edition // 440P.5. Burdea G., Coiffet P. Virtual Reality Technology. – New York : John Wiley&Sons, Inc, 1994.
10. Sense 3D Scanner | Features | 3D Systems [Электронный ресурс] // URL: <https://www.3dsystems.com/shop/sense> (дата обращения: 10.11.2016).
11. How to use the panono camera [Электронный ресурс] // URL: <https://support.panono.com/hc/en-us> (дата обращения: 10.11.2016).
12. Руководство по использованию EV Toolbox [Электронный ресурс] // URL: <http://evtoolbox.ru/education/docs/> (дата обращения: 10.11.2016).
13. Видеокурс по разработке приложений в виртуальной реальности <https://tproger.ru/video/vr-development-course/>
14. 3ds Max Lighting and Rendering - Rendering a 360° Panorama <https://www.youtube.com/watch?v=ztyEX64fzzE>
15. Джонатан Линовес Виртуальная реальность в Unity. / Пер. с англ. Рагимов Р. Н. –М.: ДМК Пресс, 2016. – 316 с.: ил.
16. Руководство для начинающих VR-разработчиков <https://habrahabr.ru/company/mailru/blog/316024/>
17. Создаём мобильное VR-приложение с управлением перемещением <https://tproger.ru/articles/diy-vr-app-using-gvrnavi/>
18. Francisco Rovira-Mas. Stereoscopic vision for agriculture. – М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2011. – 200 с.
19. Hatem Ibrahim Mahmoud Rashwan. Textured 3D Models. – М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2011. – 132 с.
20. Hebbat Allah Elwishy, Nashaat Elkamesy and Khaled Amer. The Impact of Virtual Reality on Liver Surgical Planning Procedures. – М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2013. – 240 с.
21. Jamshed Iqbal. Hand Exoskeleton Robotic Systems. – М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2012. – 100 с.
22. The VES Handbook of Visual Effects: Industry Standard VFX Practices and Procedures. – М.: Focal Press, 2010. – 952 с.
23. Yodahe Zemichael. Digitalization of Objects by Photogrammetry. – М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2012. – 224 с.
24. А.В. Крапивенко. Технологии мультимедиа и восприятие ощущений. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2009. – 272 с.
25. Алексей Кирюшин. Виртуальная реальность. – М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2011. – 248 с.
26. Алёна Трофимова. Развёртывание виртуальной реальности. – М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2012. – 168 с.
27. Алла Черных. Мир современных медиа. – М.: Территория будущего, 2007. – 312 с.

28. Андрей Лебедев. Моделирование отражательной способности материалов по фотоизображениям. – М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2010. – 64 с.
29. В.Н. Семенов. От наскальной пиктограммы к виртуальной реальности. Диалектика и дидактика проектной графики. – М.: МПА-ПРЕСС, 2014. – 256 с.
30. Вадим Зеланд, Эстер Хикс, Джерри Хикс. Трансерфинг реальности. Ступень I. Пространство вариантов. Закон притяжения. Основы учения Абрахама (комплект из 2 книг). – М.: ИГ "Весь", 2011. – 480 с.
31. Виктор Злоказов. Пространство и время как виртуальная реальность. – М.: Palmarium Academic Publishing, 2014. – 200 с.
32. Владимир Свечников. Манипулятивные практики в конструировании виртуальных реальностей. – М.: Palmarium Academic Publishing, 2012. – 284 с.
33. Григорьева И.В. Компьютерная графика [Электронный ресурс]: учебное пособие / Григорьева И.В.– Электрон. текстовые данные.– М.: Прометей, 2012.– 298 с.–
34. Д.И. Шапиро. Виртуальная реальность и проблемы нейрокомпьютинга. – М.: РФК "Имидж-Лаб", 2008. – 454 с.
35. Дамир Аблякимов. Виртуальная идентичность. – М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2014. – 60 с.
36. Денис Зезюлин, Владимир Макаров und Владимир Беляков. Моделирование движения автомобилей. – М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2012. – 100 с.
37. Максим Сибин. Реклама и виртуальная реальность. – М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2011. – 160 с.
38. Мария Теракопьян. Нереальная реальность. – М.: Материк, 2007. – 184 с.
39. С.Л. Деменок. Фрактал. Между мифом и ремеслом (+ CD). – М.: Ринвол, Академия исследования культуры, 2011. – 296 с.
40. Сергей Коловоротный. Суггестивный фактор в работе систем виртуальной реальности. – М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2012. – 80 с.
41. Сергей Коловоротный. Техники воздействия на сознание в компьютерных системах обучения. – М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2012. – 80 с.
42. Трансерфинг реальности (комплект из 3 книг + 2 колоды карт). – М.: ИГ "Весь", 2010. – 724 с.
43. Шапиро Д. Основы технологии виртуальной реальности. – М.: , 2003. – 268 с.
44. Эдвард Кастронова. Бегство в виртуальный мир. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2010. – 224 с.

15. Інформаційні ресурси

1. <https://arvr.google.com/> AR & VR at Google
2. <https://habr.com/ru/hub/arvr/> Дополненная (AR) и виртуальная (VR) реальность
3. <https://www.w3.org/TR/webxr/> This specification describes support for accessing virtual reality (VR) and augmented reality (AR) devices, including sensors and head-mounted displays, on the Web.
4. <https://openal.org/documentation/openal-1.1-specification.pdf> OpenAL Specification and Reference