

Петко Танчев

ВИЗУАЛНО ПРОГРАМИРАНЕ

Творчески инструменти в TouchDesigner



СЪДЪРЖАНИЕ

УВОД.....	7
ПЪРВА ГЛАВА	
Визуално програмиране за художници	13
Приложение с илюстрации	34
ВТОРА ГЛАВА	
Основни принципи на визуалното програмиране	47
Елементи на графичния интерфейс.....	49
Характерни особености на операторите	52
COMP	59
TOP	62
CHOP.....	64
SOP	68
MAT	70
DAT.....	71
Приложение с илюстрации	74
ТРЕТА ГЛАВА	
Функции и приложения на инструментите за визуално програмиране ...	85
Прототипиране и разработка на приложения.....	86
Оперативна съвместимост.....	89
2D, 3D и композитинг в реално време	93
Генеративно съдържание.....	107
Медийни системи.....	118
Приложение с илюстрации	126
ЧЕТВЪРТА ГЛАВА	
Практика и творчески опит	142
Интерактивни инсталации	143
Майнинг прожекции в публично пространство	145
Инсталации в музеи и галерии.....	149
Дизайни за събития в сферата на рекламната индустрия	155
Визуална среда за сценични проекти	159
Театрални представления	160

Оперни спектакли	165
Кураторска и образователна дейност	169
Creative Media Lab.....	172
Модул „Инструменти за визуално програмиране“	178
Работни групи и артистични резиденции	181
Приложение с илюстрации	187
 ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	 198
 Цитирана литература и електронни източници	 202
Индекс на използваните термини	210

УВОД

Тази книга разглежда основните характеристики на визуалното програмиране, като поставя конкретен фокус върху софтуерната платформа TouchDesigner (наричана още *Touch* или *TD*). Изследването съдържа множество технически дефиниции – тяхната задача е да структурират методите за работа с това приложение и да оформят своеобразен теоретичен модел, описващ общите принципи на визуалното програмиране. Разгледани са и различни софтуерни функции, които разгръщат похватите за експерименти с виртуални структури и предоставят широка гама от креативни възможности за потребителите. Книгата се стреми да запълни липсата на подобна специализирана литература на български език, като така даде своя принос за развитието на творческото общество от дигитални артисти с професионални интереси в сферата на интерактивните технологии, *creative coding* апликациите, мапинг прожекциите, аудиовизуалното и генеративното изкуство, дигиталната сценография, съвременния видео арт и т.н. Нейното съдържание би могло да бъде приложено и директно в практиката – като учебно ръководство или справочник за консултация, насочен към употребата на TouchDesigner и други подобни платформи за визуално програмиране.

Изследването си служи с цитати от официалната онлайн документация и форума на Touch, наличните статии, печатни издания, електронни публикации и други източници, засягащи развитието на разглежданите цифрови технологии. Като се движи между описание на различни функционални процеси и конкретни примери за художествени проекти, съдържанието обръща внимание на специфичните характеристики в работата с TD, както и на начините за адаптация на това приложение към редица области на дигиталните изкуства. По този начин текстът има за цел да определи особеностите и свойствата на визуалното програмиране, чрез които този език разширява средствата за творческо изразяване.

В процеса по подготовката на книгата използвам също така и опита си като практикуващ визуален артист, който работи активно със софтуерни системи и медийно съдържание. Основното изразно средство, с което изпълнявам своите проекти, е именно приложението TouchDesigner. Професионалната ми дейност включва редица ин-

сталации за национални и международни фестивали, аудиовизуални перформанси, проекти за дигитална сценография, видео мапинг проекции и интерактивни дизайни в областта на рекламната индустрия. От 2016 г. съм и куратор на модула за дигитални изкуства Creative Media Lab, чиято цел е да изследва различни естетически платформи и да създаде лабораторна среда за срещи на широката публика със съвременни медийни артисти и технолози. Този проект има и образователна насоченост, която допринася активно за развитието на TouchDesigner обществото и популяризирането на творческата сцена в България. Дефиницията и специфичните концепции на изброените активности са разгледани в книгата като част от конкретните приложения на инструментите за визуално програмиране.

Съдържанието описва и личната ми практика като преподавател и пряк участник в обучителния процес. Тези дейности включват няколко съвместни уъркшопа с популярни TD артисти, сред които са Патрик Лехнер от Австрия, Барак Корен от Израел и Мери Франк от САЩ. През 2016 г., непосредствено след реализацията на първото издание на проекта Creative Media Lab, бях поканен като титулярен лектор в новата учебна дисциплина „Инструменти за визуално програмиране“, част от магистърска програма „Дигитални изкуства“ в Национална художествена академия (НХА). Структурата на този курс се състои от два семестъра, които предоставят на студентите начални знания за работа с TouchDesigner. По време на учебните занимания студентите разглеждат множество примери за изграждане на визуални мрежи и интерактивни компоненти. Като част от дейностите в НХА и в рамките на формата ДА Лаб, организирах също така и серия от тематични отворени презентации, свързани с програмирането на аудиовизуални инсталации и компоненти за виртуална реалност. Те дават възможност за допълнителна специализация на студентите под формата на работни срещи с български и чуждестранни артисти. развитието ми в обучителния процес продължи и със самостоятелен TD уъркшоп на английски език в пространството на *GlogauAIR* в Берлин, а през 2018 г. бях избран за участник в едномесечна резиденция, озаглавена „Лаборатория за интерактивност на тялото“ (от испански: *Laboratorio de Interactividad Corporal*). По време на тази изследователска програма работих в общ екип с TD артистите Матю Рейгън и Зоуи Сандовал, преподаватели от театралния департамент на Калифорнийския университет в Лос Анджелис (*UCLA*), програмисти от

Центъра за изследвания в областта на инженерството, медиите и пърформанса към същия университет (*R.E.M.A.P. – UCLA*) и няколко групи от независими артисти в сферата на пърформанса и съвременния танц. Резултатите от съвместната колаборация са серия от компоненти, които прилагат алгоритми и персонализирани функции за машинно самообучение (*Machine Learning*) в отворената система за моушън тракинг *OpenPTrack* и *TouchDesigner*. Лабораторията се провежда в пространството на Латиноамериканския експериментален център за хипермедия *cheLA* в Буенос Айрес, Аржентина. Тези и други дейности ми помогнаха да натрупам опит като преподавател и дигитален артист, както и да разширя познанията си в областта на визуалното програмиране.

Структурата на тази книга е систематизирана в няколко отделни глави. Първата глава съдържа две части: въведение в спецификата на визуалното програмиране и дефиниция на основните концепции в софтуера *TouchDesigner*. Тя започва с исторически преглед на технологичното развитие и процесите по дигитализация от втората половина на XX век, както и анализ на практиките в компютърното изкуство. Тук хронологично са дефинирани някои ключови елементи от устройството на хардуера и софтуера, които впоследствие бележат появата на езика на визуалното програмиране. Тяхното описание е съставено от следните теми:

1. Формиране на идеята за симбиозата човек – компютър.
2. Първи експерименти с компютърна анимация и генериране на цифрови изображения.
3. Създаване на ранни устройства за компютърно рисуване и чертане; поява на графичния потребителски интерфейс и обектно-ориентираното програмиране.
4. Ранни експерименти с видео синтезатори.
5. Комерсиализация на персоналните компютри и технически прогрес на компютърните комуникации.
6. Създаване на генеративни художествени произведения чрез алгоритмични процедури.
7. Еволюция на компютърната графика, CGI ефектите и интерактивните технологии; производство на специализирани хардуерни графични процесори; развитие на софтуерната архитектура в условията на модерното общество.

Първата част от изследването се движи между научните теории и открития и достиженията в съвременното медийно изкуство, като прави връзка между процесите, които водят до еволюцията на визуалното програмиране и създаването на TouchDesigner.

Във втората половина на тази глава от книгата са описани някои концепции, свързани с философията на Touch. Съдържанието на текста включва също така сравнителни анализи и съпоставки с други подобни инструменти. Освен че преглежда общите исторически факти и въвежда в темата на книгата, тази част от първата глава има за цел да даде отговори на следните основни въпроси:

- Какво представлява TouchDesigner?
- С какво той е по-различен от други подобни приложения?
- Защо е подходящ за художници?

Втора глава проследява основните работни принципи във визуалното програмиране и разликите на този език със синтактичните компилатори. Тук фокусът е поставен изцяло върху практическите приложения на софтуера TouchDesigner. Разгледани са както някои от конструктивните методи за организация на потоците с данни в TD, така и отделните елементи от неговия потребителски интерфейс. Специално внимание е обърнато на т. нар. оператори, които са градивните частици в устройството на Touch. Поетапно са дефинирани особеностите на всяка една от следните шест фамилии оператори:

1. COMP
2. TOP
3. CHOP
4. SOP
5. MAT
6. DAT

Следващата, трета глава на книгата, допълва практическото въведение в работата с TouchDesigner и разширява диапазона от артистични изразни средства. Тя съдържа характеристика на широка гама от напреднали технологии за създаване на сложни мултимедийни произведения. Тук са разгледани специфични приложения на програмирането в процесите по изграждане на софтуерни скици, завършени

апликации и интеграция с други оперативни среди, протоколи, хардуерни устройства и интернет. Обърнато е внимание на методите за оптимизация и решаване на често срещани проблеми в разработването на проекти за видео сървъри и големи мрежови инфраструктури. Тази глава включва следните теми:

1. Прототипиране и строеж на апликации.
2. Оперативна съвместимост.
3. 2D, 3D и композитинг в реално време.
4. Генеративно съдържание.
5. Медийни системи.

Последната, четвърта глава описва авторски проекти от професионалната ми кариера като TD артист и програмист. Те са част от един дългогодишен процес, който направи аудиторията съпричастна към разработката и резултата от програмирането с Touch и други апликации. Освен споделянето на личен опит, похвати и методи за решаване на практически проблеми, свързани с използването на софтуерните инструменти в различни сфери на изкуството, тази глава поставя фокус и върху дейности, които са свързани с курирането на художествено съдържание, представянето на инсталации и пърформанси от сферата на дигиталните изкуства и провеждането на учебни курсове за визуално програмиране. Представените в четвърта глава проекти включват:

1. Интерактивни инсталации.
2. Визуална среда за сценични представления и пърформанси.
3. Кураторска и образователна дейност.

Като цяло тази книга проследява процесите, свързани с появата и развитието на езика визуално програмиране и водещи към разработването на функциите в апликацията TouchDesigner. Изследването се стреми да формулира едно практическо въведение в използването на софтуерни техники, които позволяват изграждането на разнообразни мултимедийни системи и произведения на дигиталното изкуство. То определя концепции, свързани с трансформацията в условията за извършване на креативни дейности и продиктувани от развитието на технологиите. Адаптацията на инструментите към творческата среда

изменя начина, по който потоците с информация генерират обекти с художествено значение и смисъл. По този начин визуалното програмиране създава нови възможности за изразяване. Текстът се занимава именно с тази техническа еволюция и се стреми да отговори на новите предизвикателства, които стоят пред дигиталните артисти в съвременното общество. Разгледана е още живата взаимовръзка между физическата и цифровата реалност в творчески контекст, и по-конкретно специфичните методи, чрез които в дадено произведение на изкуството тя би могла да бъде тълкувана като интерактивна обработка на информационни данни.

между живото музикално изпълнение, кинематографичните технологии и технологиите за видеоигри, за да се използват все повече при създаването на потапящи среди [*immersive environments*]¹⁷⁰.

В продължението на статията си Джарет описва практически как художниците могат да пресъздадат целия сет за рисуване на живо, като използват два монитора и Wacom таблет. TouchDesigner и Photoshop общуват помежду си чрез Photoshop съоръженията за „отдалечени връзки“ (*Remote Connections*), които се настройват от менюто на програмата. Остава само да бъде добавен операторът Photoshop In TOP и работното поле е готово за творчески експерименти.

Както вече стана ясно, дигиталният композитинг отваря TD към много нови хоризонти. Изследвайки потенциала на технологията, потребителите могат сами да открият още непознати приложения и взаимодействия между различни софтуерни платформи. Този метод на работа стои като една от основите във философията на визуалното програмиране и очертава тенденциите за бъдещето развитие на подобни приложения.

ГЕНЕРАТИВНО СЪДЪРЖАНИЕ

В предишните редове са разгледани основните концепции за създаване на 2D и 3D обекти и анимации, както и някои ключови технологии като процедурното моделиране и композитингът в реално време. Сега ще обърна повече внимание на един от най-експерименталните подходи към дигиталното съдържание – директното генериране на графика чрез автономни системи. Този метод е важен за контекста на визуалното програмиране, тъй като съчетава в себе си много от характерните функции, описани в тази глава на книгата. В този случай художникът изгражда произведението изцяло чрез софтуерни и хардуерни инструменти, като програмен код, виртуални библиотеки, сензори и други. Той задава формални инструкции и алгоритми, на базата на които компютърът взема решения. Генерирането на съдържание радикализира функциите на машината като „мислещ инстру-

¹⁷⁰ Ibidem.

мент“ дотолкова, че понякога тя може да се счита дори за съавтор на творбата.¹⁷¹ В книгата „Генеративно изкуство. Практическо ръководство за Processing“ Мат Пиърсън пише: „Ролята на художника в този вид производствен процес е може би по-близка до ролята на куратора, отколкото на създателя. Той прави, моделира и усъвършенства системата, но в крайна сметка собствеността му върху крайния продукт не е нищо повече от гордостта на родителите при отглеждане на тяхното потомство“.¹⁷²

В тези идеи можем да открием много прилики с някои революционни художествени движения от началото и средата на XX век, като дада, флуксус и концептуалното изкуство. Още тогава те скъсват с класическото разбиране за изкуство, а произведението се превръща в естетически конструирана игра от предварително създадени условия. В основата на всичко стои случайността, разбиването на формата и пренареждането на елементите. През 1967 г. американският художник Сол Люит разсъждава така: „Концептуалното изкуство не е непременно логично. Логиката на една творба или серия от творби е устройство, което се използва на моменти само за да бъде съсипано. Логиката може да се използва за маскиране на реалното намерение на художника, за приспиване на зрителя във вярата, че той разбира произведението, или за извеждане на парадоксална ситуация (например логика срещу алогичност). Някои идеи биват логични в концепцията си и нелогични перцептивно“.¹⁷³

Десетилетия по-късно непредсказуемостта е все още важен елемент в творческите търсения на нашето съвремие и продължението на тази концепция е именно генеративното изкуство. Една от главите в началото на книгата на Мат Пиърсън е озаглавена „Художник на хаоса“. Там той дава следната дефиниция: „Да обявим работата си за „изкуство“ е смело и арогантно нещо. Правейки това, ние казваме, че нашата работа е извън обикновената полезност: тя е израз на нашата човечност и индивидуалност. Може дори да е в царството на неефективното. (...) Нещо повече, ако искаме да определим своето произведение като „генеративно“ изкуство, значи, че ние не само възнамеряваме то да изразява нашата индивидуалност, но също така искаме от него да

¹⁷¹ За визуален пример вж. Фиг. 17.

¹⁷² Pearson, M. *Generative Art. A Practical Guide Using Processing*. Cambridge, New York, Manning Publications, 2011, p. 4.

¹⁷³ le Witt, Sol. *Paragraphs on Conceptual Art*. Artforum, 1967.

показва и хаоса на процесите, върху които така или иначе нямаме контрол. Без тази непредсказуемост нашето изкуство би принадлежало на нещо друго, което не може да се обозначи като генеративно. Генеративните художници са художници на хаоса. Те породиха непредсказуемостта, приветстваха го, опитомиха го и вече могат да го представят в приятни форми. (...) Хаосът не е нещо, от което трябва да ни е страх. В крайна сметка не правим нищо по-опасно от това да създаваме атрактивни изображения с компютри. Сериозно, кое е най-лошото, което може да се случи? Да бъдем въвлечени в генеративни процеси означава, че очакваме непредсказуемостта – то не е нежелан посетител. Ще ни стане дори комфортно с липсата на контрол върху работата ни. Ще приемем този хаос и ще се научим да го обичаме“.¹⁷⁴

Следващите редове разглеждат конкретни примери за генеративни инструменти в платформата TouchDesigner, с фокус върху техническите им функции и практическите приложения. Първо ще се върна към една от основните концепции в TD – конвертирането на данни между различни типове възли. Този принцип на работа позволява на художниците да превръщат автоматично числовите стойности от CHOP и DAT оператори в цветове, форми, точки, линии и повърхности в триизмерна координатна система. Компютърът сам изчислява и създава визуалното съдържание, а информацията се актуализира в реално време чрез CHOP to, DAT to и SOP to оператори. Модулацията на крайния резултат зависи от входящите параметри, които могат да бъдат конструирани от анализ на жива музика, математически уравнения, данни от сензори и т.н. Така лесно могат да бъдат програмирани генеративни аудио-визуални системи и други интерактивни компоненти.¹⁷⁵

Един от възлите за създаване на неконвенционални геометрични обекти в Touch е LSystem SOP.¹⁷⁶ Той се използва за реализирането на т.нар. L-системи или Линденмайер системи, кръстени на името на унгарския биолог Аристид Линденмайер (1925 – 1989). В тях се използва математически език, чийто първоначален низ от знаци се изпълнява многократно, а резултатите автоматично генерират геометрия. Всяко поредно изпълнение става основа за следващите итерации на формата, създавайки илюзия за растеж. L-системите могат да

¹⁷⁴ Pearson, M. *Generative Art. A Practical Guide...*, p. XII.

¹⁷⁵ За визуален пример вж. Фиг. 18.

¹⁷⁶ TD Wiki, LSystem SOP, 2020. https://docs.derivative.ca/LSystem_SOP.

се използват за моделиране и анимация на органични разклоняващи се обекти, като растения, дървета, цветя, светкавици и снежинки. Цялата теория, която стои зад принципите на тези специфични обекти, е изчерпателно описана в книгата „Алгоритмичната красота на растенията“ от Пшемьслав Прушинкиевич и Аристид Линденмайер. Според двамата учени L-системите могат да бъдат много полезни практически в изграждането на виртуална ботаническа лаборатория, която те описват така: „Виртуалната лаборатория, също като „истинската“, е площадка за експерименти. Тя се предлага с набор от обекти, свързани с нейната научна перспектива (в случая модели на растения), инструменти, които оперират с тези обекти, справочник и бележник. След като понятията и инструментите биват разбрани, потребителят може да разшири лабораторията чрез добавяне на нови обекти, създаване на нови експерименти и записване на описания в бележника. Опитен потребител може да разшири допълнително лабораторията чрез създаване и инсталиране на нови инструменти. Технически виртуалната лаборатория представлява микросвят, който може да бъде изследван под ръководството на хипертекстова система. Терминът „микросвят“ означава интерактивна среда за създаване и провеждане на симулирани експерименти. Ръководството може да бъде създадено и под формата на традиционна книга, но като електронен документ то би било по-подходящо за интеграция с микросвета“.¹⁷⁷

Друг оператор, който също може да се използва като основа на сложни органични симулации, е Noise TOP,¹⁷⁸ чиято функция е да генерира автоматични вариации на модели динамичен шум, като използва набор от алгоритми за управление на различни свойства на пикселите. Такива са например интерполацията, текстурните координати, хармоничните честоти и други. Резултатът може да бъде използван в множество проекти, като например визуализации на флуидни графики. Повече яснота относно употребата на Noise TOP дава цитат от книгата „Изкуството на флуидната анимация“, в която Джос Стам описва процесите по създаване на флуиди: „Целта в анимацията на флуидите е да се изчислят различни състояния на флуида във времето, които да бъдат превърнати в плоски двуизмерни изображения. Художниците манипулират и контролират свойствата на флуидите в

¹⁷⁷ Prusinkiewicz, P., A. Lindenmayer. The Algorithmic Beauty of Plants. New York, Springer-Verlag, 1996, 194 – 195.

¹⁷⁸ TD Wiki, Noise TOP, 2020. https://docs.derivative.ca/Noise_TOP.

сложното 4D пространство, а физиката автоматично се грижи за движението. Последният ред в уравнението е: как да стигнем от концепцията на художника за флуиден ефект до генериране на набор от пиксели на екрана“.¹⁷⁹

Освен в семейството на TOP възлите, можем да открием Noise също така в CHOP и SOP. Съответно, когато използваме Noise CHOP, ние ще генерираме числови стойности, а Noise SOP ще действа като филтър за геометрия, променяйки позицията на точките според даден модел шум. И двата оператора използват един и същ тип математика, която създава както гладки криви, така и произволен шум. Вълните имат неправилни форми и не се повтарят никога, а стойностите им са приблизително в диапазона от -1 до +1.¹⁸⁰

Touch има и вградена поддръжка за някои генеративни физически симулации. Те са достъпни в специалните оператори Nvidia Flow TOP, Nvidia Flex TOP и Bullet Solver COMP. Nvidia Flow е част от библиотеката Flow Artist Tools¹⁸¹ и служи за симулация на горивни системи, в която потребителят контролира параметрите за температура, гориво и дим. Nvidia Flex пък е симулатор на физически частици, чиито функции са описани в официалната документация на TD по следния начин: „Flex се използва за представяне на всякакви типове обекти като обединение от частици. Всички тела в симулацията (с изключение на статичните форми или повърхности) са съставени от частици, а поведението им се определя от няколко типа субстанции: твърда, мека, течна, въже, плат“.¹⁸²

Подобно е и приложението на Bullet Solver COMP, който служи най-общо за динамични физически презентации, базирани на библиотеката Bullet Real-Time Physics Simulation. Някои от по-специфичните случаи, в които Bullet е полезен, са например програмирането на логиката за грабване на обекти във VR приложения или използването на Leap Motion сензор за създаване на органични сили върху виртуални обекти. Този възел се използва често и за постигане на реалистична визуализация на роботи, когато те трябва да взаимодействат с други предмети във виртуалния свят. Пример за подобен проект е *AI Habitat*,

¹⁷⁹ Stam, J. *The Art of Fluid Animation*. Boca Raton, Florida, CRC Press, 2016, p.7.

¹⁸⁰ За визуален пример вж. Фиг. 19.

¹⁸¹ Flow Artist Tools, 2020. Към официалната документация: <https://docs.nvidia.com/gameworks/content/artisttools/Flow/index.html>.

¹⁸² TD Wiki, 2020, Flex. <https://docs.derivative.ca/Flex>.

създаден от международен екип програмисти.¹⁸³ Според описанието в официалната документация: „AI Habitat е симулационна платформа за изследване на въплътен изкуствен интелект. Представете си, че питате домашния си робот: „Хей, робот, можеш ли да провериш дали лаптопът е на бюрото ми? Ако е там, донеси ми го“. AI Habitat дава възможност за обучение на такива AI агенти (виртуални роботи и егоцентрични асистенти) във фотореалистичен и ефективен 3D симулатор, преди да въплътите научените умения в реалност. Това дава възможност за промяна на парадигмата от интернет AI базирани статични набори от данни (напр. ImageNet, COCO, VQA) към въплътен AI, където агентите действат в реалистична среда, извеждайки на преден план активното възприятие, дългосрочното планиране, ученето от интеракции и диалог в среда“.¹⁸⁴

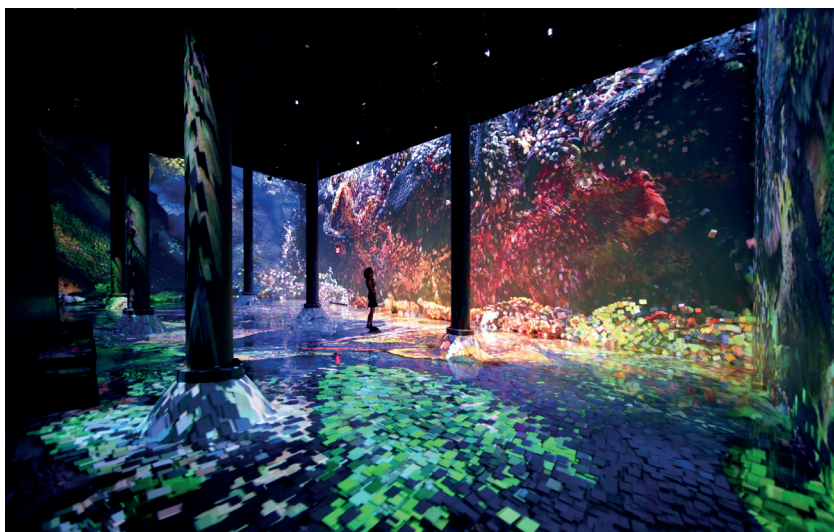
TouchDesigner предоставя вграден достъп и до още една изключително мощна технология за автоматично рисуване на комплексни 2D и 3D форми. Това е програмният език за дефиниране на шейдъри GLSL, за който вече стана дума. Шейдърите представляват програми в текстови формат, които позволяват на потребителя да комуникира директно с графичния хардуер на компютъра. Като описание на GLSL е една характеристика от популярното електронно издание „Книга за шейдърите“ на Патрисио Гонсалес Виво: „Ако вече имате опит в рисуването чрез компютър, знаете, че първо трябва да нарисувате кръг, след това правоъгълник, линия, няколко триъгълници, докато постепенно не изградите желаното от вас изображение. Този процес наподобява писането на писмо или книга на ръка – той е набор от инструкции, които вършат задачите една след друга. Шейдърите също са набор от инструкции, но инструкциите се изпълняват наведнъж за всеки един пиксел на екрана. Това означава, че кодът, който пишете, се държи различно в зависимост от позицията на самия пиксел. Подобно на печатарска преса, вашата програма ще работи като функция, която получава позиция и връща цвят, а когато бъде компилирана, тя ще функционира изключително бързо“.¹⁸⁵

За да бъде обяснено точно по какъв начин функционират шейдърите, трябва да се вникне по-дълбоко в спецификата на работни-

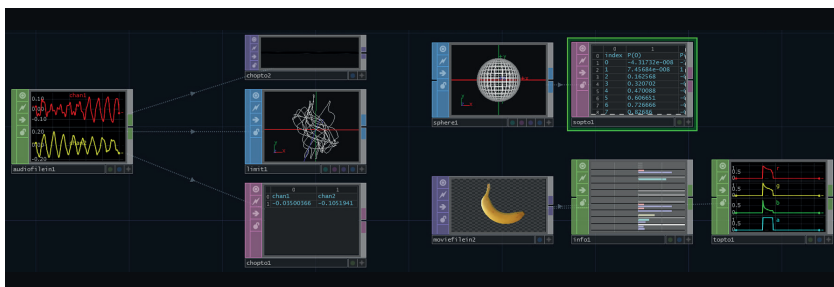
¹⁸³ Research, Facebook AI. AI Habitat, 2020. Към проекта: <https://aihabitat.org/>.

¹⁸⁴ Ibidem.

¹⁸⁵ Vivo, Patricio Gonzalez, J. Lowe, The Book of Shaders, 2015: <https://thebookofshaders.com/01/>.



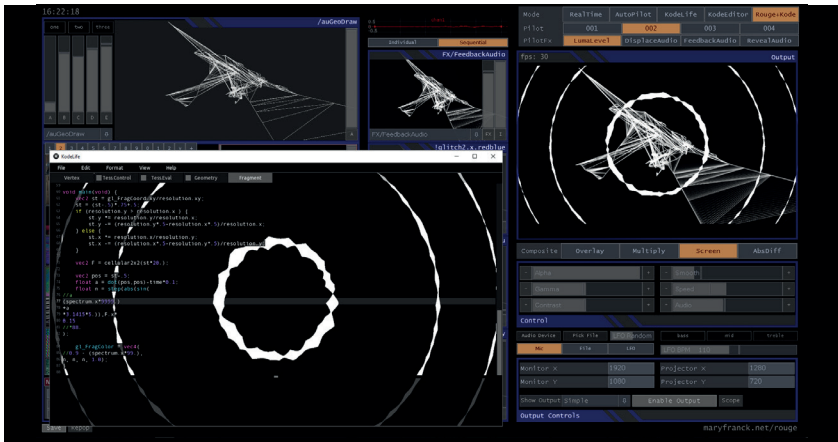
Фиг. 17. *Machine Hallucinations* (2019) – имерсивна инсталация от Рефик Анадол, основана на автономно генериране на визуално съдържание чрез алгоритми и машинно обучение.
VRT Wikimedia, CC BY-SA 4.0.



Фиг. 18. Конвертиране на данни между различни типове оператори чрез CHOP to, TOP to и SOP to възли. Този принцип позволява изграждане на мултифункционални системи, при които визуалното съдържание се определя от входящи данни.



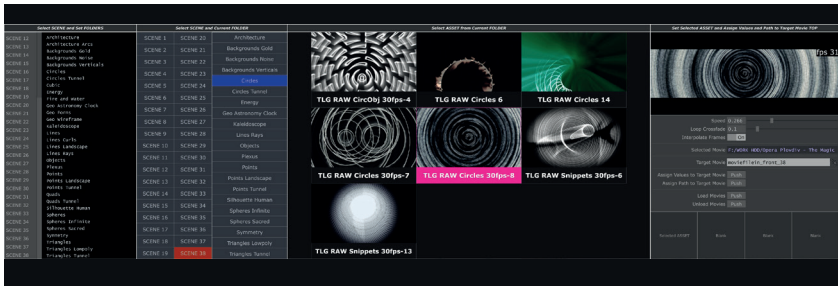
Фиг. 19. Визуализация от интерактивната инсталация *Metascope* (2022) на Петко Танчев. За моделирането на геометричния терен в проекта са използвани генеративни Noise оператори в комбинация с GLSL шейдъри и персонализирана мрежа от филтри за постобработка.



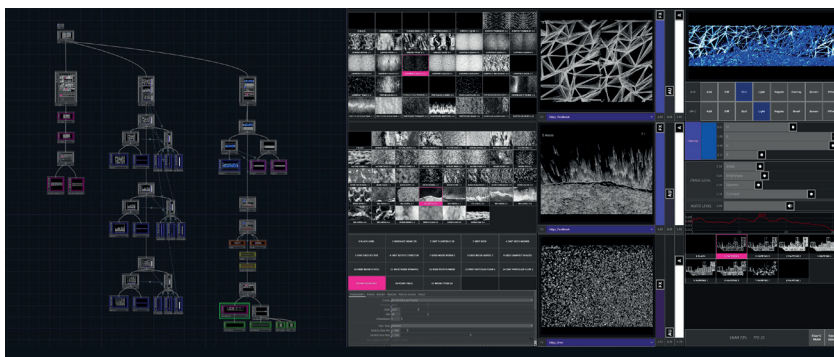
Фиг. 20. Пример за интеграция на апликацията KodeLife от Hexler в интерфейса на виджей миксера Rouge, създаден в TouchDesigner от Мери Франк.



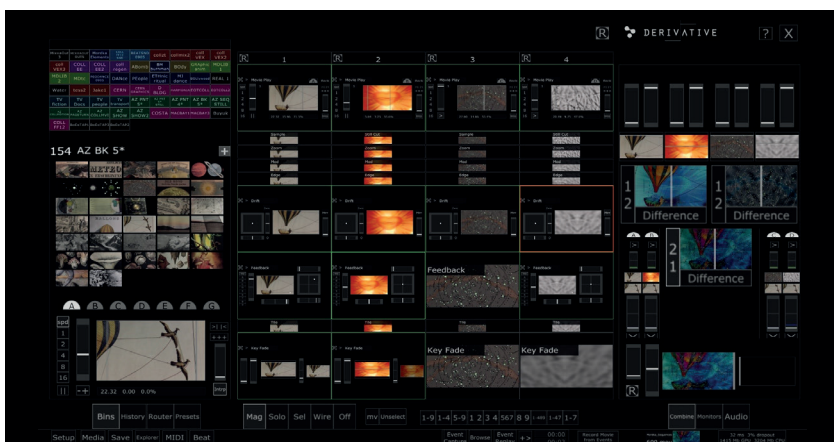
Фиг. 21. Използване на GLSL текстурни шейдъри за оптимизация и разширяване на визуалните възможности в TouchDesigner.



Фиг. 22. Потребителски интерфейс за управление и възпроизвеждане на видео сцени с 8K резолюция.



Фиг. 23. Модулна видео мапинг система от аудиовизуалния перформанс *Altitude Attitude* (2023) на Петко Танчев. Контролният интерфейс поддържа персонализирани функции за смесване на клипове и генеративна анимация, добавяне на ефекти и цветови корекции на съдържанието.



Фиг. 24. Видео миксерът Mixxa – интерактивен инструмент за видео перформанс, разработен в TouchDesigner от Грег Херманович. Интерфейсът е използван в колаборация с режисьора Питър Метлър при създаването на експерименталния филм „Краят на времето“ (2012).



Фиг. 25. Машабна архитектурна видео проекция върху Empire State Building като част от проекта *Racing Extinction* (Obscura Digital, 2015)
Willchase — Own work, CC BY-SA 4.0