УДК 614.89+351

Н.Г. Топольский, И.А. Максимов, А.А. Рыженко
(Академия ГПС МЧС России; e-mail: litloc@rambler.ru)

СПОСОБ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАЗРУШЕННЫХ ЗДАНИЙ ПРИ АНАЛИЗЕ МАТЕРИАЛОВ СТРАХОВОГО ФОНДА ДОКУМЕНТАЦИИ ПО ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ

В статье приводится попытка сформировать формальную модель дуального моделирования обработки трехмерной компьютерной графики.

Ключевые слова: трехмерная графика, разрушения, векторно-полигональная модель.

N.G. Topolsky, I.A. Maksimov, A.A. Ryzhenko

WAY OF MODELLING OF THE DESTROYED BUILDINGS IN THE ANALYSIS OF MATERIALS OF INSURANCE FUND OF DOCUMENTATION OF EMERGENCY SITUATIONS

Attempt to create formal model of dual modeling of processing of three-dimensional computer graphics is given in article.

Key words: three-dimensional graphics, destructions, vector and polygonal model.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 17 марта 2014 г.

Проведение аварийно-восстановительных работ на разрушенных зданиях и сооружениях после ЧС сопряжено с рядом трудностей. Не получая полной адекватной информации по текущей обстановке, эксперт не может вынести своевременного решения. При этом многие работы приходится приостанавливать или задерживать в связи с нехваткой исходной для анализа информации. Для упрощения процесса сбора необходимых данных создано структурное подразделение в МЧС России – Страховой фонд документации на объекты повышенного риска, объекты систем жизнеобеспечения населения, объекты органов управления, и объекты массового пребывания населения (СФД-ЧС) [1-4]. Использование материалов в виде эскизов на микрофишах позволяют сократить сроки анализа, но дальнейшая обработка данных по текущей обстановке ложится на плечи экспертной комиссии [10].

В помощь аналитику можно использовать специализированные компьютерные средства, позволяющие отобразить реальную обстановку, моделировать возможные разрушения. На данный момент существует множество компьютерных продуктов трехмерной визуализации. Тем не менее, разрушенное здание представляет собой сложный объект, что представляет для системы моделирования большую проблему.

В данной статье предпринимается попытка формализовать использование комбинации нескольких независимых типов построения трехмерных графических объектов в едином представлении. На рис. 1 приведена схема примера целостной обработки векторных и растровых изображений разрушений зданий и сооружений в виде двойного или дуального моделирования.

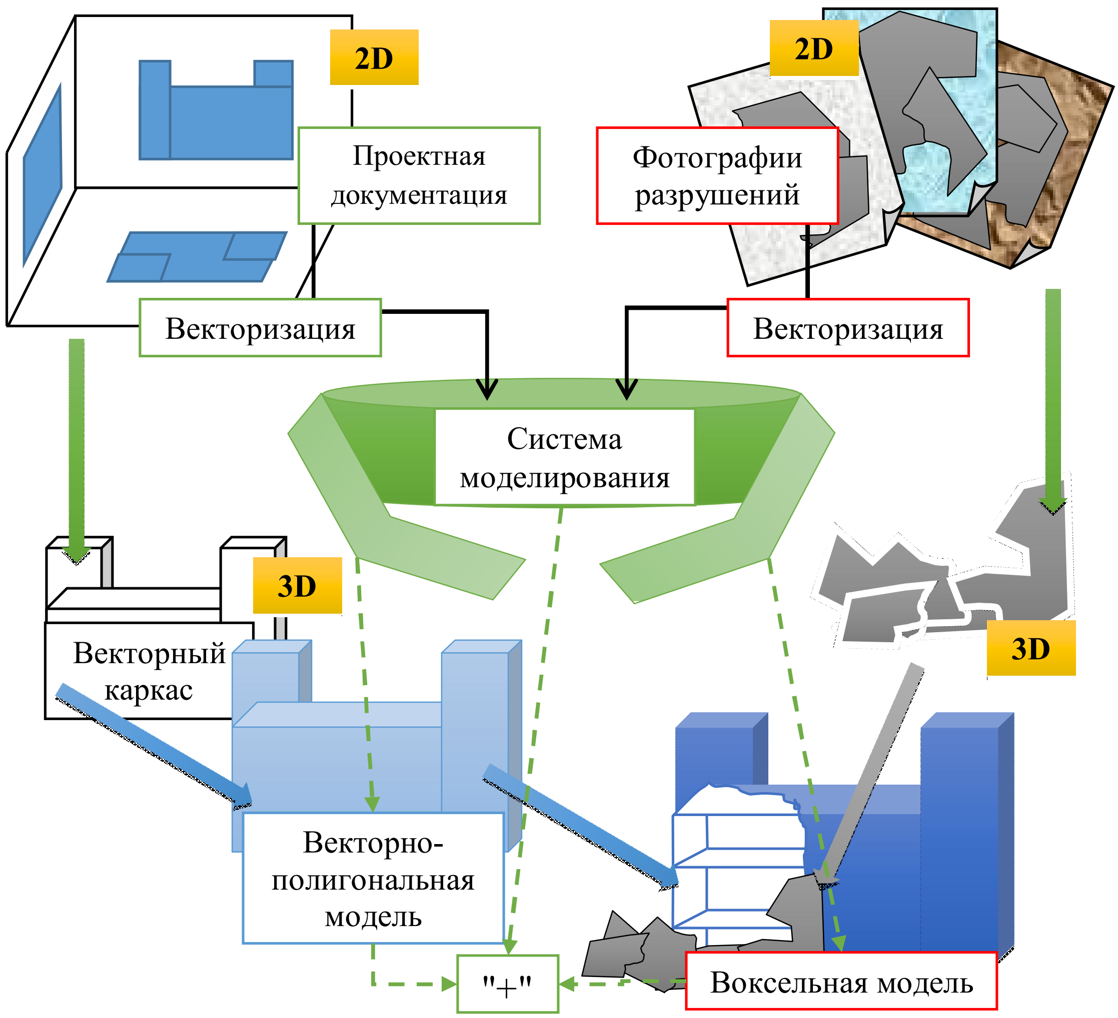

Рис. 1. Общая структура использования дуального моделирования разрушений зданий

В качестве исходных данных используются эскизы зданий и цифровые фотоизображения в двумерном виде. На первом этапе происходит их частичная векторизация с использованием стандартных алгоритмов. К сожалению, до сих пор научное направление о распознавании образов утверждает, что нельзя полностью перевести растровое изображение в векторное. Как следствие, в вектор переводятся только прямые или ломаные линии, попадающие под алгоритм Безье кривых третьего порядка. Вследствие чего векторный аналог очень отдаленно напоминает исходное изображение. Тем не менее, совокупное использование двух типов растровой и векторной графики даёт более полную картину и материал для дальнейшего анализа.

Принцип дуального моделирования представлен следующим образом: результат векторной обработки дает основу для каркасной модели объекта. Использование текстурной "шкуры" (*skin*) позволяет угловато отобразить реальную модель [6]. При разрушениях такой "угловатости" – с избытком (рис. 2). Бесконечное уменьшение размеров векторных полигонов не может привести к нужному результату. Кромка разрушений может иметь хаотичный профиль, что не всегда можно моделировать сеткой триангуляции. В качестве дополнительного инструмента, используемого только на моделирование разлома, предлагается использовать воксельную графику. На рис. 2 представлен пример возможного использования комбинации двух типов трехмерной графики (нижний правый угол).

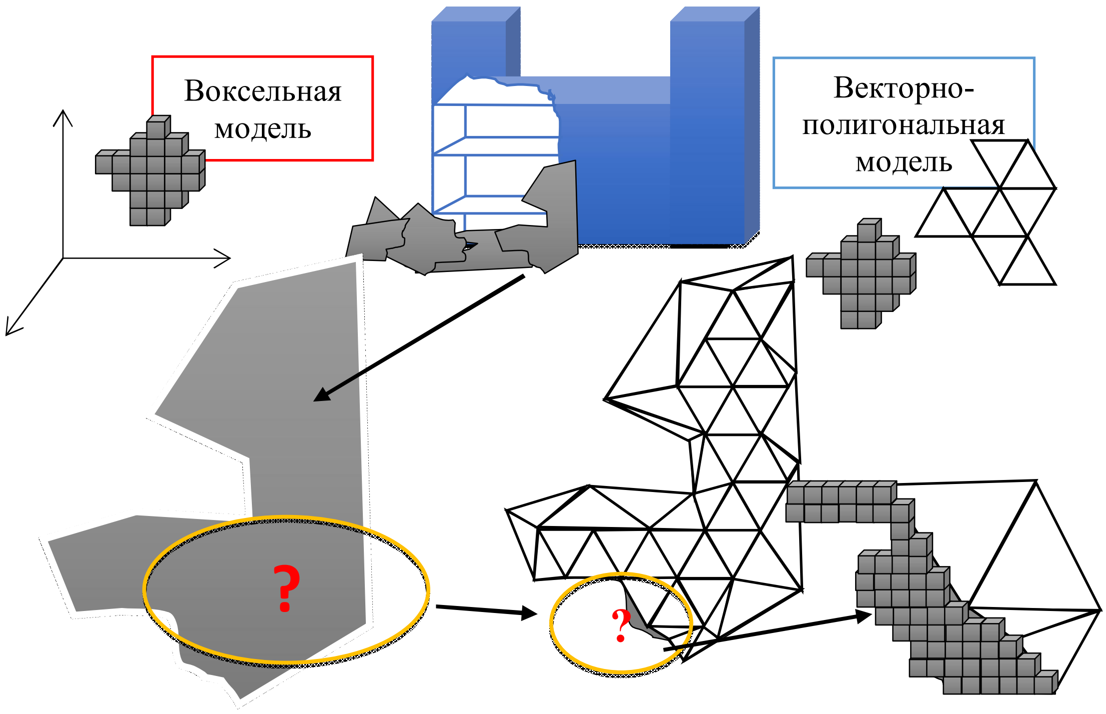

Рис. 2. Пример необходимого элемента для дуального моделирования

Алгоритм моделирования осколков фрагментов разрушенного объекта следующий:

- на основе векторных эскизов путем вытягивания строится каркасная модель объекта;
- векторное представление (каркас) заполняется текстурами на гранях примитивов;
- частичная векторизация фотоизображений разлома дает целостное представление фрагмента;
- используя теоретическую основу построения фрагмента (*эффект пазла*), на основе оцифровки фотографий завалов производится поиск осколков;
- осколки представляются в виде векторно-полигональной сетки и накладываются на фрагмент;
- заполнение остаточных пустот производится путем вокселизации.

Механизм использования двух типов графики (дуализм) представлен на рис. 3.

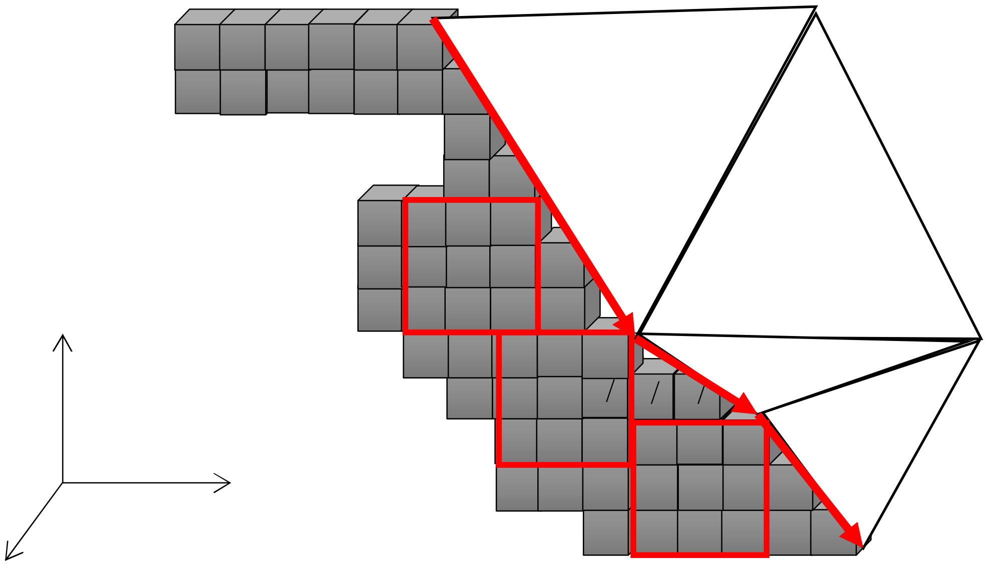

Рис. 3. Принцип построения трехмерной модели с использованием дуального метода

В качестве основания используется крайний вектор полигона, который не имеет двух замыкающих векторов (не образует полигон). Вектор ребра образует поверхность и направление для основы построения вокселей. Подложкой является растровое изображение.

Особенность построения более крупных вокселей, имеющих одинаковую цветовую подложку, поддерживается на следующем этапе при анализе структуры разлома (рис. 4).

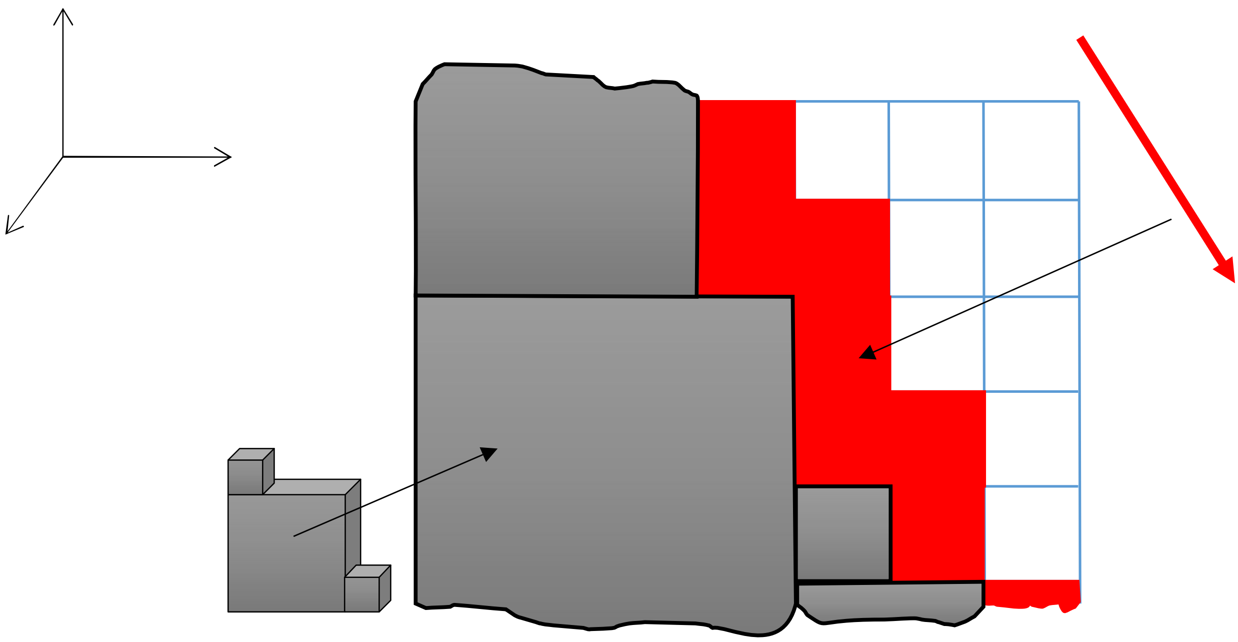

Рис. 4. Приближенная схема дуального моделирования

Использование приграничного дуализма двух независимых моделей требует общего формального подхода для дальнейшей реализации в виде информационной системы. Ниже представлен вариант механизма возможного взаимодействия.

Рассмотрим простейшую задачу сложения на примере: *вследствие локального взрыва обрушилась стена здания промышленного предприятия и развалилась на пять крупных фрагментов. К аварийно-восстановительным работам привлечена внешняя территориально удаленная комиссия. Провести анализ исходных данных (экспликации и фотографии изображений), установить схему разрушений и возможность восстановления.*

Проблемная составляющая: при рассмотрении (композиции) хаотичной составляющей смешанных осколков последствий разрушений возможно множество сценариев, например:

- несколько осколков могут определить один фрагмент;
- один осколок может определить несколько фрагментов;
- один осколок может являться осколком нескольких фрагментов;
- и т.п.

Устоявшаяся математика предполагает следующую последовательность действий при классическом сложении: один осколок и второй осколок составляют два, добавляем еще один – это три и т.д. Предполагается, что осколки разные и это берется как аксиома. Тем не менее, существует и другой сценарий, когда осколки при составлении фрагментов "возвращаются" обратно и/или используются повторно. Алгоритм следующий: берем один осколок, "поднимаем" – это один. "Кладем" его обратно и "поднимаем" снова – "$+1$". Получаем, что "$1+1=1$". Данный сценарий используется в прикладной математике как логическая аддитивная Булева функция "ИЛИ". Тем не менее, развивая процесс (не забывая о целом – каркас здания или стены) получаем, что "подняв" два осколка, а потом, "подняв" и "положив" один из них имеем: "$2+1=2$". Расширяя до уровня стены, имеем: "$3+1=3$", "$4+1=4$", …, "$5+1=5$". Здесь нет "и так далее" так как осколки (по условию задачи) заканчиваются. Но в пределах пяти можно использовать стандартный аддитивный сценарий сложения: "$4+1=5$" или "$2+2=4$". Также поддерживается функция с нулём: "$0+0=0$", "$0+1=1$", …, "$0+5=5$" (все осколки "лежат" – все осколки "подняли"). Для того, чтобы не путать результат классического сложения и сложения от целого, дальше обозначим первый вариант (классический) знаком "$=$", а результат по основанию от целого – знаком "$\underset{5}{\rightarrow}$" (в данном случае, основание равно "5").

Независимо от величины целого в диапазоне от 0 до бесконечности или $[0, \infty)$, *верхняя граница* будет *не более максимального значения – значения* самого *целого*. Например, осколков десять, следовательно, физически целое равно десяти, но их обозначение будет зависеть от условия задачи.

Нижняя граница имеет при описанных условиях значение, равное нулю (все потенциальные осколки "лежат"). Однако в задачах с отрицательной величиной (рассматриваем сценарий до разрушения – все потенциальные осколки еще являются фрагментами стены здания) допускается взаимообратное целому число, то есть для стены из условия задачи нижняя граница будет равна "-5", а верхняя – "5" (показатель целого). В результате, сценарий с одним осколком и граничные сценарии в пределах целого *имеют одно основание*. Можно предположить, что:

П.1. ДЛЯ ЛЮБОГО ЦЕЛОГО ВЕРХНЕЙ ГРАНИЦЕЙ ВСЕГДА БУДЕТ ЗНАЧЕНИЕ (ПОКАЗАТЕЛЬ) ЦЕЛОГО, НИЖНЕЙ – НОЛЬ ИЛИ ВЗАИМНО-ПРОТИВОПОЛОЖНОЕ ЦЕЛОМУ ЗНАЧЕНИЕ ВЕРХНЕЙ ГРАНИЦЫ.

Как и ранее, далее для примера рассматриваем целое – стена из пяти фрагментов, но изменим начальное условие. Если одновременно действующих осколков будет не один, а два, то результатом *аддитивного сложения* (например, на два) может быть, как два, так и три, и граничный – четыре, то есть:

"$2 + 2 \underset{5}{\rightarrow} 2$" – *обновляемый сценарий*. Подтверждение: $2 + 2 = (1_1 + 1_1) + (1_1 + 1_1) \underset{5}{\rightarrow} 1 + 1 \underset{5}{\rightarrow} 2$. Так как $1_1 + 1_1 \underset{1}{\rightarrow} 1_1$;

"$2 + 2 \underset{5}{\rightarrow} 3$" – *увеличивающий сценарий*. Подтверждение: $2 + 2 = (1 + 1) + (1_1 + 1_1) \underset{5}{\rightarrow} 2 + 1_1 \underset{5}{\rightarrow} 3$. Так как $1_1 + 1_1 \underset{1}{\rightarrow} 1_1$;

"$2 + 2 \underset{5}{\rightarrow} 4$" – *классический сценарий*. Подтверждение: $2 + 2 = (1 + 1) + (1 + 1) \underset{5}{\rightarrow} 1 + 1 \underset{5}{\rightarrow} 4$. Так как $1_1 + 1_1 \underset{1}{\rightarrow} 1_1$.

Если действующих осколков не равное количество, то есть в процессе участвуют, допустим, два и три, то правило (П.1) сохраняется. Но, необходимо выполнять дополнительное условие: *количество участвующих объектов должно быть одинаковым*. Иначе, переходим в аддитивный алгоритм классической логической математики.

Особенностью предыдущего сценария является учёт только предположения о *целостности* (П.1). Тем не менее, существует еще *субтрактивное сложение*, когда сумма может быть меньше любого слагаемого. Например, "$2 + 2 \underset{5}{\rightarrow} 1$" (два "поднятых" осколка "положили" и "подняли" только один из них – *отнимающий сценарий*. Подтверждение: $2 + 2 = (1_1 + 1_1) + (1_1 + 1_1) \underset{5}{\rightarrow} 1_1 + 1_1 \underset{5}{\rightarrow} 1$. Так как $1_1 + 1_1 \underset{1}{\rightarrow} 1_1$. Рассмотрим данный сценарий (с теми же начальными условиями) на примере паевой геометрической фигуры (рис. 5).

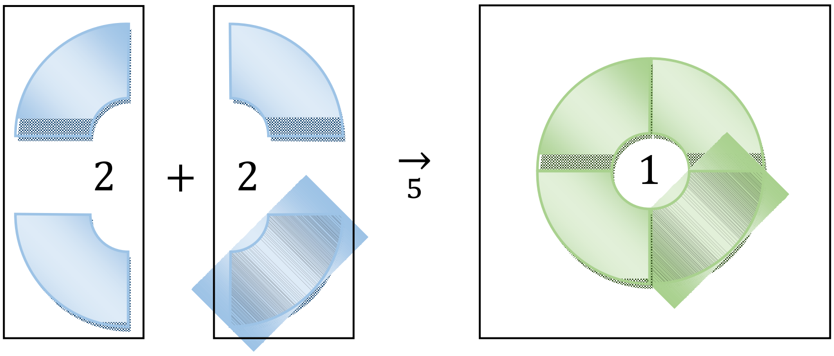

Рис. 5. Пример использования субтрактивной функции сложения внутри целого пяти

Необходимо учесть, что в данном случае используется принцип *автономности*, *хиерархии* и *холархии* автономов (наследие *holon*-систем, представленных в предыдущем пункте главы):

1. *Каждый элемент является одновременно независимым автономом и частью другого независимого автонома.*

2. *Каждый автоном может использовать части других автономов, в том числе и тех, чей частью он не является.*

3. *Каждый автоном может быть идентичен другому или быть отличен от него в любой момент времени.*

Раскрывая сущность целого, покажем, что результат любой суммы элементов целого может быть равен верхней границе, значению самого целого (рис. 6). Для данного примера "$2 + 2 \underset{5}{\rightarrow} 5$" – *добавочный сценарий*. Подтверждение: $2 + 2 = (1 + 1) + (1 + 1_1) \underset{5}{\rightarrow} (1 + 1) + (1 + 1_1 + 1_1) \underset{5}{\rightarrow} 5$, Так как $1_1 \underset{1}{\rightarrow} 1_1 + 1_1$.

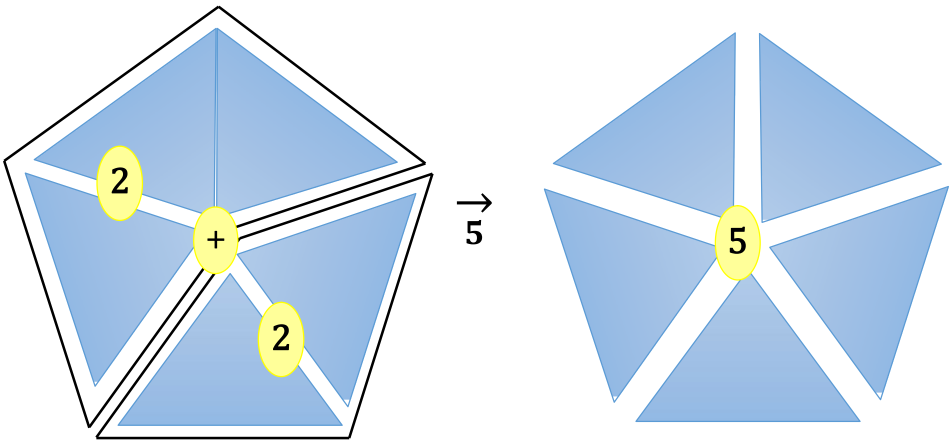

Рис. 6. Пример использования добавочного сценария аддитивной функции сложения внутри целого пяти

Функция аддитивности и субтрактивности сохраняется и далее. Например, для задачи можно "поднимать" и "опускать" как все пять осколков, так и любое их количество в пределах целого – пяти (для данной задачи, табл. 1).

Таблица 1

Аддитивное и субтрактивное сложения в пределах целого – "5"

$0+0\underset{5}{\rightarrow}0$	$1+0\underset{5}{\rightarrow}1$	$2+0\underset{5}{\rightarrow}1$	$3+0\underset{5}{\rightarrow}1$	$4+0\underset{5}{\rightarrow}1$	$5+0\underset{5}{\rightarrow}1$
	$1+0\underset{5}{\rightarrow}2$	$2+0\underset{5}{\rightarrow}2$	$3+0\underset{5}{\rightarrow}2$	$4+0\underset{5}{\rightarrow}2$	$5+0\underset{5}{\rightarrow}2$
	$1+0\underset{5}{\rightarrow}3$	$2+0\underset{5}{\rightarrow}3$	$3+0\underset{5}{\rightarrow}3$	$4+0\underset{5}{\rightarrow}3$	$5+0\underset{5}{\rightarrow}3$
	$1+0\underset{5}{\rightarrow}4$	$2+0\underset{5}{\rightarrow}4$	$3+0\underset{5}{\rightarrow}4$	$4+0\underset{5}{\rightarrow}4$	$5+0\underset{5}{\rightarrow}4$
	$1+0\underset{5}{\rightarrow}5$	$2+0\underset{5}{\rightarrow}5$	$3+0\underset{5}{\rightarrow}5$	$4+0\underset{5}{\rightarrow}5$	$5+0\underset{5}{\rightarrow}5$
	граница	граница	граница	граница	граница
	$1+1\underset{5}{\rightarrow}1$	$2+1\underset{5}{\rightarrow}1$	$3+1\underset{5}{\rightarrow}1$	$4+1\underset{5}{\rightarrow}1$	$5+1\underset{5}{\rightarrow}1$
	$1+1\underset{5}{\rightarrow}2$	$2+1\underset{5}{\rightarrow}2$	$3+1\underset{5}{\rightarrow}2$	$4+1\underset{5}{\rightarrow}2$	$5+1\underset{5}{\rightarrow}2$
	$1+1\underset{5}{\rightarrow}3$	$2+1\underset{5}{\rightarrow}3$	$3+1\underset{5}{\rightarrow}3$	$4+1\underset{5}{\rightarrow}3$	$5+1\underset{5}{\rightarrow}3$
	$1+1\underset{5}{\rightarrow}4$	$2+1\underset{5}{\rightarrow}4$	$3+1\underset{5}{\rightarrow}4$	$4+1\underset{5}{\rightarrow}4$	$5+1\underset{5}{\rightarrow}4$
	$1+1\underset{5}{\rightarrow}5$	$2+1\underset{5}{\rightarrow}5$	$3+1\underset{5}{\rightarrow}5$	$4+1\underset{5}{\rightarrow}5$	$5+1\underset{5}{\rightarrow}5$
	граница	граница	граница	граница	граница
		$2+2\underset{5}{\rightarrow}1$	$3+2\underset{5}{\rightarrow}1$	$4+2\underset{5}{\rightarrow}1$	$5+2\underset{5}{\rightarrow}1$
		$2+2\underset{5}{\rightarrow}2$	$3+2\underset{5}{\rightarrow}2$	$4+2\underset{5}{\rightarrow}2$	$5+2\underset{5}{\rightarrow}2$
		$2+2\underset{5}{\rightarrow}3$	$3+2\underset{5}{\rightarrow}3$	$4+2\underset{5}{\rightarrow}3$	$5+2\underset{5}{\rightarrow}3$
		$2+2\underset{5}{\rightarrow}4$	$3+2\underset{5}{\rightarrow}4$	$4+2\underset{5}{\rightarrow}4$	$5+2\underset{5}{\rightarrow}4$
		$2+2\underset{5}{\rightarrow}5$	$3+2\underset{5}{\rightarrow}5$	$4+2\underset{5}{\rightarrow}5$	$5+2\underset{5}{\rightarrow}5$
		граница	граница	граница	граница
			$3+3\underset{5}{\rightarrow}1$	$4+3\underset{5}{\rightarrow}1$	$5+3\underset{5}{\rightarrow}1$
			$3+3\underset{5}{\rightarrow}2$	$4+3\underset{5}{\rightarrow}2$	$5+3\underset{5}{\rightarrow}2$
			$3+3\underset{5}{\rightarrow}3$	$4+3\underset{5}{\rightarrow}3$	$5+3\underset{5}{\rightarrow}3$
			$3+3\underset{5}{\rightarrow}4$	$4+3\underset{5}{\rightarrow}4$	$5+3\underset{5}{\rightarrow}4$
			$3+3\underset{5}{\rightarrow}5$	$4+3\underset{5}{\rightarrow}5$	$5+3\underset{5}{\rightarrow}5$
			граница	граница	граница
				$4+4\underset{5}{\rightarrow}1$	$5+4\underset{5}{\rightarrow}1$
				$4+4\underset{5}{\rightarrow}2$	$5+4\underset{5}{\rightarrow}2$
				$4+4\underset{5}{\rightarrow}3$	$5+4\underset{5}{\rightarrow}3$
				$4+4\underset{5}{\rightarrow}4$	$5+4\underset{5}{\rightarrow}4$
				$4+4\underset{5}{\rightarrow}5$	$5+4\underset{5}{\rightarrow}5$
				граница	граница
					$5+5\underset{5}{\rightarrow}1$
					$5+5\underset{5}{\rightarrow}2$
					$5+5\underset{5}{\rightarrow}3$
					$5+5\underset{5}{\rightarrow}4$
					$5+5\underset{5}{\rightarrow}5$
					граница

Можно предположить, что:

П.2. ПОКАЗАТЕЛЬ СУММЫ ОПРЕДЕЛЯЕТ КОЛИЧЕСТВО ВАРИАНТОВ СЛОЖЕНИЯ, НО НЕ БОЛЕЕ ЦЕЛОГО. НОЛЬ ЯВЛЯЕТСЯ НИЖНИМ ЗНАЧЕНИЕМ – ИСКЛЮЧЕНИЕ.

Следовательно, учитывая (П.1) и (П.2), можно представить значения табл. 1 в виде множеств результатов табл. 2. Но, необходимым условием является *одномоментность*, то есть, операция совершается *один раз без изменения внешних и внутренних условий на произвольный момент времени*.

Таблица 2

Множественное представление сложения в пределах целого – "5"

$0+0\xrightarrow[5]{}\overline{\{0\}}$	$1+0\xrightarrow[5]{}\overline{\{1{,}5\}}$	$2+0\xrightarrow[5]{}\overline{\{1{,}5\}}$	$3+0\xrightarrow[5]{}\overline{\{1{,}5\}}$	$4+0\xrightarrow[5]{}\overline{\{1{,}5\}}$	$5+0\xrightarrow[5]{}\overline{\{1{,}5\}}$
	$1+1\xrightarrow[5]{}\overline{\{1{,}5\}}$	$2+1\xrightarrow[5]{}\overline{\{1{,}5\}}$	$3+1\xrightarrow[5]{}\overline{\{1{,}5\}}$	$4+1\xrightarrow[5]{}\overline{\{1{,}5\}}$	$5+1\xrightarrow[5]{}\overline{\{1{,}5\}}$
		$2+2\xrightarrow[5]{}\overline{\{1{,}5\}}$	$3+2\xrightarrow[5]{}\overline{\{1{,}5\}}$	$4+2\xrightarrow[5]{}\overline{\{1{,}5\}}$	$5+2\xrightarrow[5]{}\overline{\{1{,}5\}}$
			$3+3\xrightarrow[5]{}\overline{\{1{,}5\}}$	$4+3\xrightarrow[5]{}\overline{\{1{,}5\}}$	$5+3\xrightarrow[5]{}\overline{\{1{,}5\}}$
				$4+4\xrightarrow[5]{}\overline{\{1{,}5\}}$	$5+4\xrightarrow[5]{}\overline{\{1{,}5\}}$
					$5+5\xrightarrow[5]{}\overline{\{1{,}5\}}$

Графически аддитивный алгоритм (значения диапазонов в табл. 2) можно представить аналогично субтрактивному алгоритму сложения в пределах целого (рис. 7).

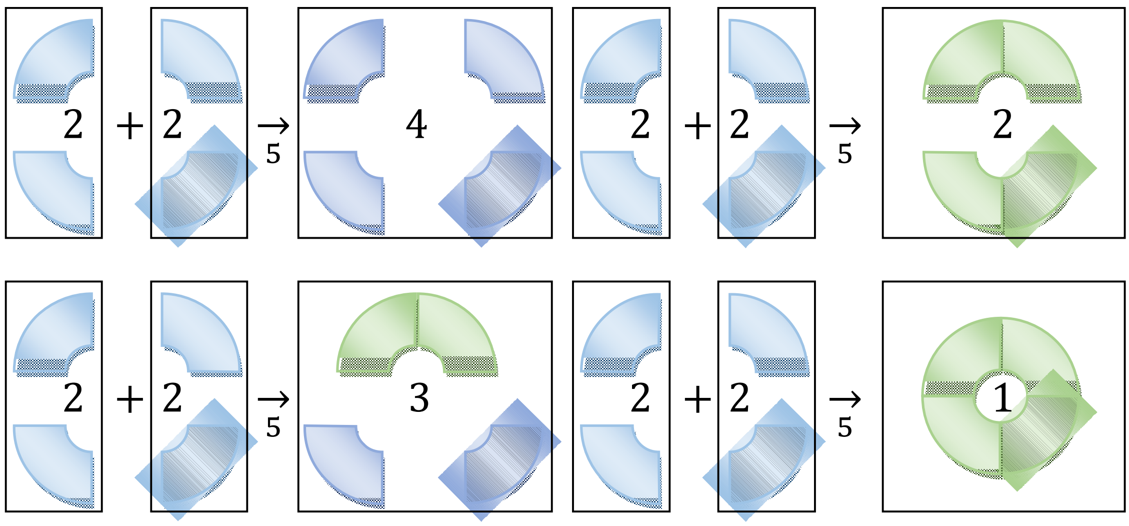

Рис. 7. Пример использования аддитивной и субтрактивной функций сложения внутри целого пяти

При изменении значения целого, будет меняться количество возможных вариантов результатов сложения и верхняя граница значений.

Следовательно, можно предположить, что:

П.3. В ПРЕДЕЛАХ ЦЕЛОГО АДДИТИВНЫЕ И СУБТРАКТИВНЫЕ ПРОИЗВОЛЬНЫЕ СУММЫ ЭЛЕМЕНТОВ МНОЖЕСТВА МОГУТ ПРИНИМАТЬ ЗНАЧЕНИЯ, РАВНЫЕ ОДНОМУ ИЗ ЭЛЕМЕНТОВ ЭТОГО МНОЖЕСТВА.

Другими словами, значение суммы может быть равно любому своему слагаемому.

П.4. АДДИТИВНОЙ СУММОЙ ЛЮБЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЦЕЛОГО ЯВЛЯЕТСЯ МНОЖЕСТВО ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ ЧИСЕЛ ОТ НАИМЕНЬШЕГО, РАВНОГО ЭЛЕМЕНТУ, ДО МАКСИМАЛЬНОГО, РАВНОМУ РЕЗУЛЬТАТУ СУММЫ КЛАССИЧЕСКОГО СЛОЖЕНИЯ В ПРЕДЕЛАХ ЦЕЛОГО ИЛИ ЗНАЧЕНИЮ ЦЕЛОГО.

Для правил П.4 и П.5 сумма нулей является исключением.

П.5. Субтрактивной суммой любых элементов целого является множество последовательных чисел от наименьшего, равного единице, до максимального, равного наименьшему элементу.

Расширим задачу сложения до нескольких знаков. Рассмотрим на основе предложенного выше примера в пределах целого (пяти) для элементов-автономов варианты решений: "$1 + 1 + 1 + \cdots + 1$", "$2 + 2 + 2 + \cdots + 2$", "$3 + 3 + 3 + \cdots + 3$", "$4 + 4 + 4 + \cdots + 4$" и "$5 + 5 + 5 + \cdots + 5$". Аналогично можно использовать сумму ряда произвольных элементов в пределах целого, например, "$1 + 2 + 3 + \cdots + 5$". В каждом из представленных примеров сумму элементов можно разложить на сумму пар элементов, например, "$(1 + 2) + (3 + \cdots) + (\ldots + 5)$". Каждая пара даст в результате одно из значений от 1 до 5, последующая сумма также даст элемент выделенного диапазона. Следовательно, в обоих случаях результат суммы может приобретать значения от 1 до 5 (для данного примера), правила (П.1 – П.5) работают для суммы любой длины. Произвольное количество осколков можно "поднимать" и "опускать" сколько угодно раз.

Аналогичным образом, параллельно можно "поднимать" и "опускать" осколки второго фрагмента, затем суммировать суммы. Другими словами, принципы П.1 – П.5 не зависят от количества одновременно действующих осколков фрагментов в пределах целого – стена здания, при условии, что они абсолютно идентичны. Другие условия рассмотрены в пунктах ниже.

Следовательно, можно предположить, что:

П.6. Функция аддитивности и субтрактивности сохраняется для любого количества знаков сложения без нарушения целостности с учётом предыдущих утверждений.

Формальная часть для данного сценария может выглядеть следующим образом:

$$\sum_{i=0}^{n} a_i \underset{m}{\rightarrow} [1, m], \text{где } n \in [1, \infty), m \in [0, n],$$

где a_i – элемент множества;

m – целое;

n – произвольный элемент.

Данная формула может использоваться только для неотрицательных элементов-автономов. Тем не менее, существуют обратные значения в диапазоне $(-\infty,\ 0)$.

Вывод: данная задача не может иметь одного решения (что является особенностью "*system of systems*") [8, 9]. В табл. 1 и 2 представлен механизм возможных композиций осколков и варианты их использования при сложении в фрагменты. На рис. 7 представлены варианты взаимодействия. На рис. 3 представлен способ взаимодействия. Включена возможность учёта дополнительных условий.

В статье продемонстрирован механизм объединения нескольких независимых типов моделирования трехмерной компьютерной графики, что применимо для моделирования разрушений зданий и сооружений при проведении аварийно-восстановительных мероприятий.

Литература

1. ***Постановление*** Правительства РФ от 18.01.95 г № 65. О создании единого российского страхового фонда документации.

2. ***Постановление*** Правительства РФ от 26.12.95 г № 1253-68. Об обеспечении создания единого российского страхового фонда документации.

3. ***Приказ*** МЧС России от 02.02.96 г. № 61. Об обеспечении создания единого российского страхового фонда документации:

4. ***Приказ*** МЧС России 01.07.96 г № 439. Об утверждении Основных направлений создания, развития, формирования и использования страхового фонда документации.

5. ***Арсланова Д.М.*** Метод воксельной растеризации и обработки. http://www.rsdn.ru/article/alg/03-12-voxel.xml.

6. ***Технологии*** создания трехмерного изображения. http:// www.3dnews.ru/173189.

7. ***Использование*** декалей для создания разрушенных элементов. http://cryblend.ru/CryENGINE-Game-Development-Beginners-Guide/Post/679.

8. ***Левенчук А.*** Системы в системной инженерии. Системная инженерия против инженерии систем. http://www.slideshare.net/ailev/systems-jan13.

9. ***Топольский Н.Г., Рыженко А.А., Хабибулин Р.Ш.*** Обобщенное представление модели системы комплексной безопасности экотехнологических объектов регионального уровня // Матер. 10-й всерос. конф. "Прикладные проблемы управления макросистемами". Апатиты: КНЦ РАН, 2014. С. 41, 42.

10. ***Топольский Н.Г., Слуев В.И., Холостов А.Л.*** Об информационной поддержке человека в чрезвычайных ситуациях // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2010. № 4. С. 83-88.