

Модель процесса построения динамической сцены в аэронавигационных геоинформационных системах реального времени

М.И.Васюхин, В.Д. Гулевец, С.М. Креденцар

Национальный авиационный университет, Институт кибернетики имени В.М. Глушкова НАН Украины

Abstract

Vasyukhin M.I., Gulevets V.D., Kredentsar S.M. Model of dynamic scene creating process in aeronavigation geoinformation real-time systems. In the paper model of dynamic scene creating process in aeronavigation geoinformation real-time systems is proposed. This model is based on set description of scene components.

Введение

Представление воздушной обстановки на экранах аэронавигационных геоинформационных комплексов реального времени осуществляется с помощью динамической сцены, отображающей перемещение символов реальных движущихся объектов с их привязкой к конкретной местности. В таких системах динамическая сцена воздушной обстановки представляется в виде «электронного кино» и включает картографический фон, в качестве которого используется географическая карта местности, и так называемую динамику, отображающую перемещение движущихся в околосреднем пространстве на картографическом фоне сложных символов реальных объектов [4-7].

Постановка задачи

Для решения задачи организации зрительной динамической сцены в общем случае необходимо выполнить следующие действия:

1. Отобразить карту местности в заданном масштабе на экране АНГС РВ.
2. Обеспечить вывод с приоритетом на ее фоне по заданным координатам изображение движущихся символов сложной формы.
3. Обеспечить отображение перемещения (линейное перемещение и вращение) сложных символов объектов на картографическом фоне в реальном времени.

Данному представлению динамической сцены предшествует ряд действий по созданию карт местности, по построению и генерации сложных символов объектов, по отысканию средств работы со слоями картографического фона, по отысканию методов обеспечивающих перемещение сложных символов. Поэтому процесс представления воздушной обстановки в виде зрительной динамической сцены в АНГС РВ представляет собой последовательность этапов анализа и синтеза, сложным образом связанных

между собой.

Сложность и трудоемкость процесса проектирования динамической сцены, необходимость полного описания ее составляющих и конкретизации всех компонент, порождает задачу разработки модели процесса построения динамической сцены в АНГС РВ.

Основная часть

Системный подход В.М.Глушкова [1] и функционально-структурный подход [2-4] является достаточно хорошей основой для создания компонент АНГС РВ. Попытка создания методов проектирования АНГС РВ и подобных комплексов путем объединения преимуществ и возможностей этих двух подходов была предложена в работе [10].

Процесс проектирования АНГС РВ представляет собой последовательность этапов анализа и синтеза, сложным образом связанных между собой. Синтез такого рода систем состоит в определении структуры синтезируемой системы и процессов ее функционирования, реализующих заданное множество функций системы и совокупность элементов ее будущей структуры.

Б.П.Балашев [3] и А.Д.Цвиркун [4] представляют описание АНГС РВ в виде некоторой пятерки $S=\{E1, E2, R1, R2, Ц\}$, при которой обеспечивается $extr F(x)$ с некоторыми ограничениями:

$$f_i(x) \geq 0, i \in I,$$

где $E1$ – множество элементов комплекса; $E2$ – множество подсистем комплекса; $R1$ – множество связей между элементами; $R2$ – множество связей между подсистемами; $Ц$ – множество целей системы; $F(x)$ – функция обобщенного критерия эффективности комплекса; I – множество индексов ограничений.

Поскольку АНГС РВ является сложной человеко-машинной системой, то проектирование АНГС РВ на основе информационно-структурного подхода состоит в следующем. Необходимо определить:

$$n \in N; k \in K; a_1 \in A_1; a_2 \in A_2;$$

$$l \in L; f \in F(l);$$

$$|f \in F(l)| \& |a \in A|,$$

при этом должно быть обеспечено $extrF(x)$ при ограничениях

$$f_i(x) \geq 0, i \in I,$$

где N – множество возможных уровней параллелизма создания подсистем -компонентов АНГС РВ $n \in N$, которые могут быть выделены при проектировании;

K – множество возможных отдельных частных задач и алгоритмов $k \in K$, которые могут быть выделены на отдельных уровнях проектирования;

A_1 – множество возможных взаимосвязанных элементов АНГС РВ $a_1 \in A_1$;

A_2 – множество возможных подсистем $a_2 \in A_2$;

L – множество возможных принципов и алгоритмов управления $l \in L$, используемых для построения АНГС РВ;

F – множество функций, выполняемых системой. Каждому набору принципов и алгоритмов f соответствует множество функций $F(l)$, из которого в процессе проектирования выбирается подмножество $f \in F(l)$ для реализации выбранных принципов и алгоритмов управления;

$\&$ – операция отображения элементов множества f на элементы множества a , обеспечивающая заданные показатели функционирования АНГС РВ.

Процесс проектирования АНГС РВ является направленным процессом переработки исходной информации в необходимую с помощью оптимального состава программно-аппаратных средств. Подход основан на декомпозиции функций и структур, сочетании методов системного анализа отдельных компонентов и моделирования процессов функционирования системы. Процесс декомпозиции может быть представлен как решение минимизационной задачи:

$$L \rightarrow \min \rightarrow D^*;$$

$$D \in \{D\};$$

$$D_i \cap D_j = 0;$$

$$i \neq j$$

где D – операция декомпозиции; $\{D\}$ – множество семейств декомпозиции; D^* – оптимальная декомпозиция.

Если S_0 – декомпозируемая система, то

после применения к S_0 декомпозиции D_0 получим множество подсистем S_1, S_2, \dots, S_m . Из всего множества семейств подсистем выбираются те, которые применены к данной системе S_0 , т.е.

$$\{D\} \in \{\{D\}\}.$$

Полученные подсистемы могут быть расчленены на подсистемы более нижнего уровня, т.е. S_i может быть разбито на $S_{i1}, S_{i2}, \dots, S_{im}$ и т.д.

Каждая подсистема допускает декомпозицию на процессы, которые в свою очередь могут быть поделены на функции, т.е. каждый процесс представляется как вектор:

$$MF_{ij} = \{MF_{ij1}, MF_{ij2}, \dots, MF_{ijm}\},$$

где MF_{ijm} – i -я функция j -го процесса; m – число процессов.

Таким образом, общая функционально-структурная модель проектирования АНГС РВ и подобных систем представляется в виде:

$$P = \{F_{Mi}, A_j, G_i, TT_n, G_o, G_0\},$$

где $F_{Mi} = \{F_{M1}, F_{M2}, \dots, F_{Mi}\}$ – множество информационных моделей системы;

$A_j = \{A_1, A_2, \dots, A_j\}$ – множество алгоритмов переработки и преобразования информации в необходимое изображение;

$G_i = \{G_{i1}, G_{i2}, \dots, G_{in}\}$ – множество структур устройств ввода;

$TT_n = \{TT_{n1}, TT_{n2}, \dots, TT_{nm}\}$ – множество параметров технических требований;

$G_o = \{G_{o1}, G_{o2}, \dots, G_{oo}\}$ – множество структур устройств отображения;

$G_0 = \{G_{01}, G_{02}, \dots, G_{0k}\}$ – множество структур средств обработки.

Структурная схема основных последовательно-параллельных шагов информационно-структурного построения АНГС РВ представлена следующей схемой, рис.1. Здесь показана декомпозиция функций и структур составляющих системы, уровня параллелизма, элементов детализации, определение задач на выделенных уровнях и элементах детализации и объединение элементов детализации для построения вариантов АНГС РВ. Для обеспечения построения кадра динамической сцены (блок 2 рис.1) в АНГС РВ нами предлагается комплекс алгоритмов, реализующих построение кадра изображения динамической сцены, рис.2.

На рис. 3 представлена общая структура отображающая процесс создания АНГС РВ в виде композиции N уровней параллелизма, где F_0 – исходные форматы отображаемых данных; A_0 – исходные представления алгоритмов переработки информации; G_0 – исходный набор существующих систем – компоненты комплекса; Π_0 – исходные основные принципы построения ИГК РВ; TT_0 – исходные технические требования; K_0 – исходные ограничения на структуру, элементную базу и т.п.; $F(x)$ – критерии (множество критериев) оптимальности.

Выделение составляющих АНГС РВ

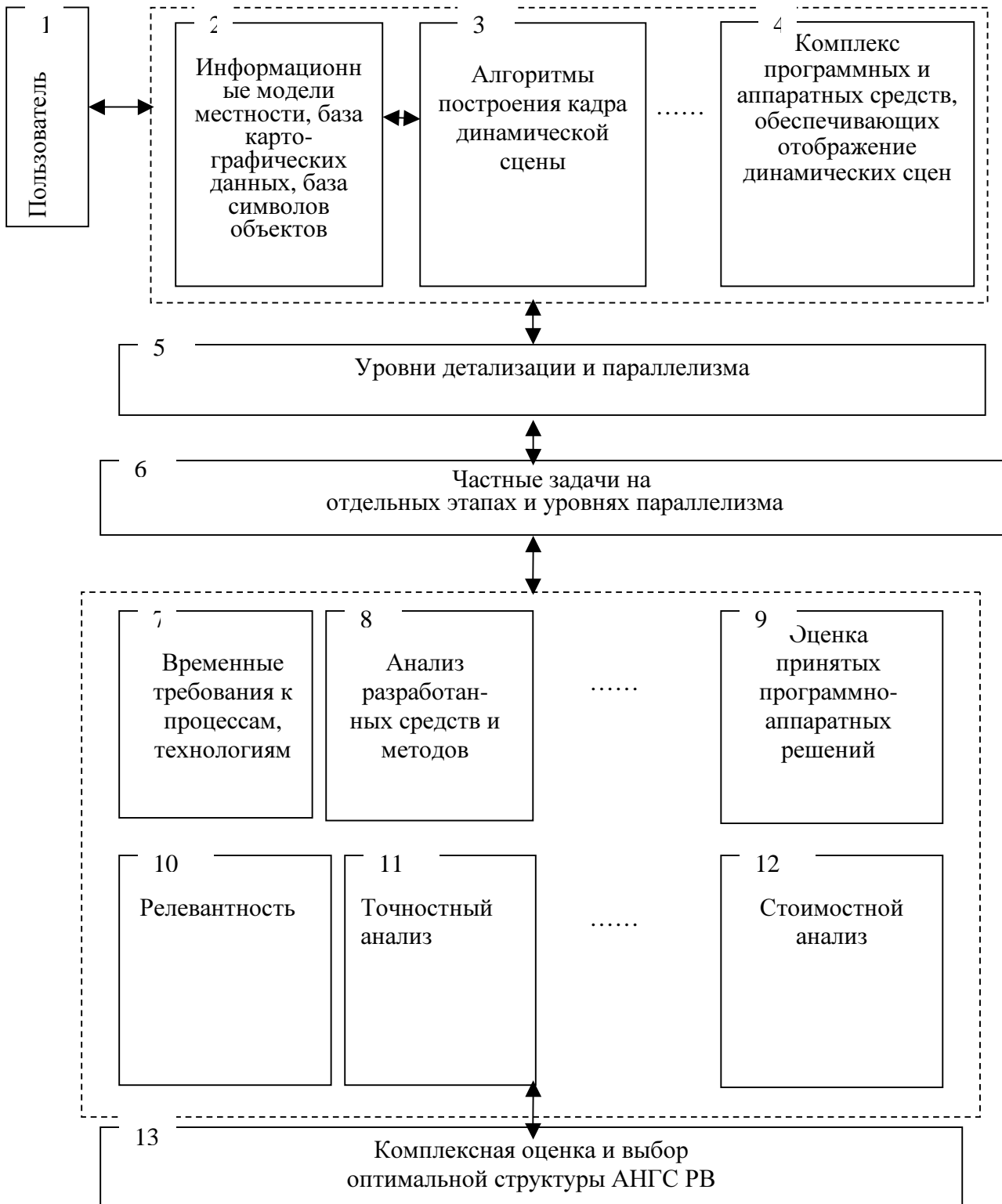


Рисунок 1 – Схема основных последовательно-параллельных шагов информационно-структурного построения АНГС РВ.

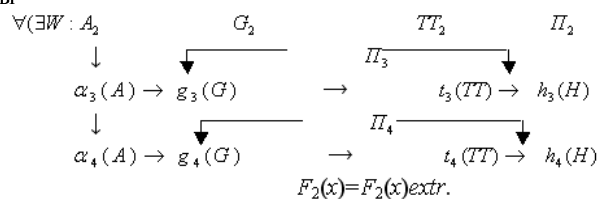


Рисунок 2 – Комплекс алгоритмов, необходимых для построения кадра изображения динамической сцены

Здесь, N-й уровень параллелизма отражает ветвь, обеспечивающую отображение динамической сцены в АНГС РВ.

Отображение видеoinформации на экран терминала АНГС РВ выполняется подсистемой отображения, общая схема канала ввода-вывода которой представлена на рис. 4, где ПМ-прикладная модель, содержащая описание графических и неграфических свойств объекта; КДФ- компилятор дисплейного файла, представляет собой часть прикладной программы; СДФ- структурированный дисплейный файл, содержащий описание графического представления объекта; ДП – дисплейный процессор, отображающий СДФ в ЛДФ; ЛДФ – сегментированный линейный дисплейный файл, содержащий графические примитивы и команды установки режимов, описывающие объект после модельных преобразований и видовой операции; ДК – дисплейный контроллер, отображающий ЛДФ в виде изображения на экране видеотерминала.

Подсистема отображения входит во множество $G_3 = \{G_{31}, G_{32}, \dots, G_{3n}\}$, обеспечивает одну из важнейших функций АНГС РВ и согласно предложенному подходу для уровня устройств ее функционирование может быть представлено в виде следующих наборов процедур:



W – символ отображения алгоритмического описания модели в структурное; $\alpha_p(A)$, $p = 1, 2, 3, 4, 5$ – процедуры анализа алгоритмов и отдельных их компонентов АНГС РВ для систем – (A_0) и более нижнего уровня устройств – (A_2) ; $g_p(G)$ – процедуры анализа и преобразования показателей множества наборов, для системы – G_0 и устройств – G_2 ; $t_p(TT)$ – процедуры установления взаимосвязей между требованиями и структурами (систем и устройств); $h_p(H)$ – процедуры преобразований оптимального соответствия структур устройств и систем.

Система отображения представляет воздушную обстановку на экранах АНГС РВ с помощью динамической сцены, поэтому можно сказать, что построение динамической сцены является подпроцессом подсистемы отображения. Сама по себе динамическая сцена является сложно-структурированным подпроцессом, включает в себя множество компонент сложным образом связанных между собой и для реализации требует их синтеза. Поэтому предлагается

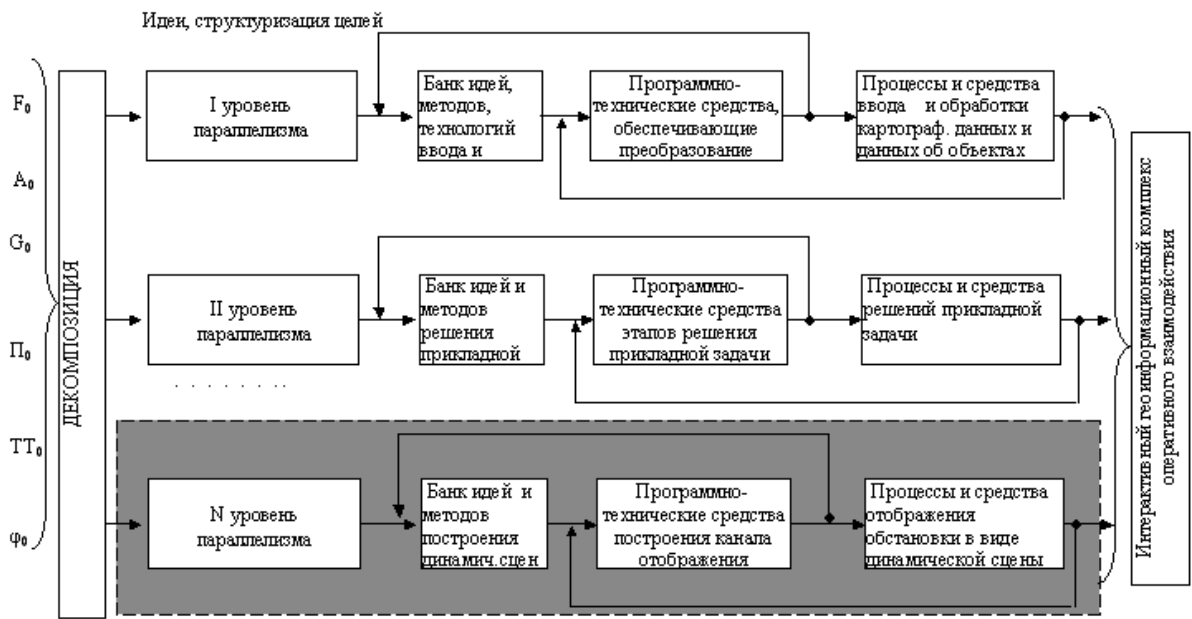


Рис. 3. Структура, отображающая процесс создания АНГС РБ

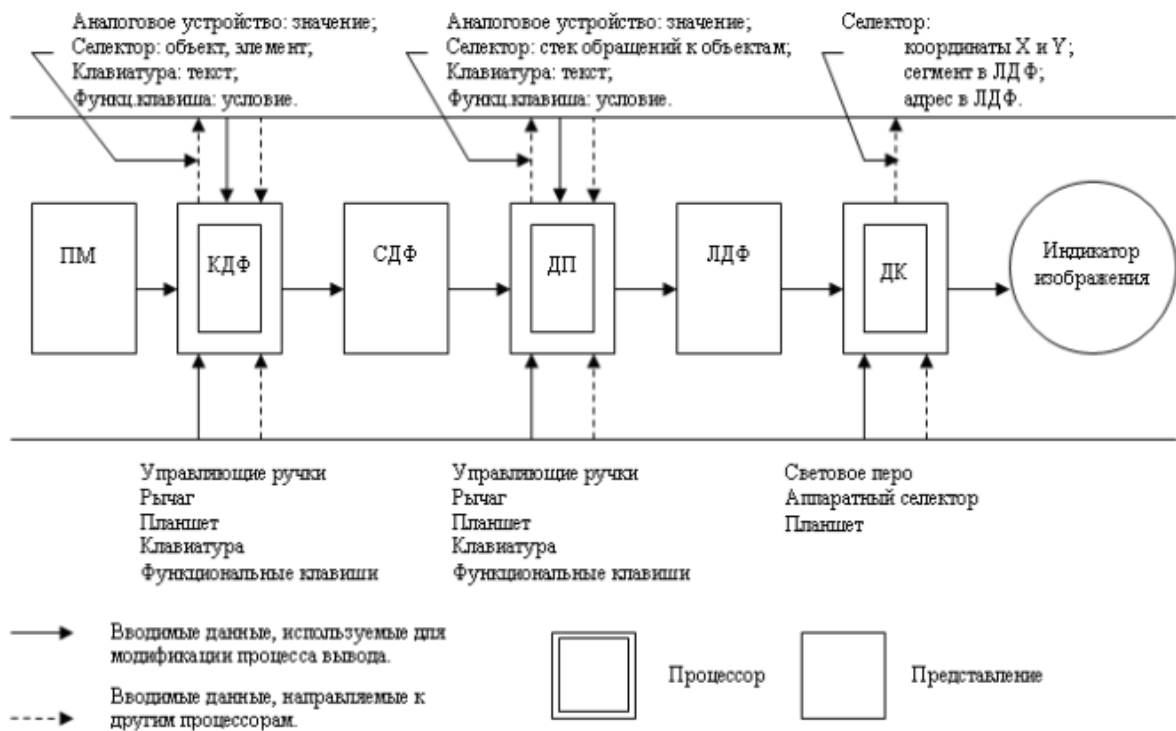


Рис. 4. Структурная схема канала ввода и вывода системы отображения.

представление модели процесса построения динамической сцены в АНГС ВР выполнять с учетом системного подхода В.М.Глушкова и функционально-структурного подхода.

С позиции системного подхода [1] предлагается рассматривать информационную модель построения динамической сцены в аэронавигационной геоинформационной системе реального времени (АНГС РВ) в виде совокупности множеств, представляющих предметную область, необходимую для построения динамической зрительной сцены, и различающихся по своей структуре и функциональному назначению. Аналогичным образом в работе [5] предложена тематическая модель картографических данных создаваемая при помощи совокупности множеств, описывающих классы тематических объектов, связи между ними, тематические атрибуты и др.

Любая динамическая сцена может быть представлена набором слоев, отображающих картографический фон и динамику перемещения объектов на этом фоне, и средств, обеспечивающих работу с этими слоями и обеспечение отображения эволюций перемещений динамических символов [6-9]. В работе предлагается применение для описания модели процесса построения динамической сцены в АНГС РВ теории множеств. В общем случае динамическая сцена представляется моделью:

$$MOD = \langle M_{сл}, P \rangle,$$

где $M_{сл}$ – множество слоев, используемых для построения динамической сцены, P – множество методов и средств работы с этими слоями.

Определим следующие множества, с помощью которых можно представить динамическую сцену, то есть конкретизировать предложенную модель. Пусть:

1) $M1$ – множество стандартных картографических слоев (рельеф, гидрография, населенные пункты, дороги, растительность, промышленные и социально-культурные объекты, границы и другие);

2) $M2$ – множество дополнительных слоев (например, тематических карт);

3) $M3$ – множество слоев, в которых отображается динамика перемещения объектов.

Для этих трех множеств можно определить операции объединения и пересечения:

$$M1 \cup M2 \cup M3 = M_{сл},$$

$$M1 \cap M2 \cap M3 = \emptyset.$$

Результатом операции объединения как раз и является множество, включающее все необходимые слои для построения динамической сцены АНГС РВ.

Поскольку динамическая сцена состоит из статики и динамики, то множество слоев, используемых для построения динамической

сцены нужно условно поделить на 2 подмножества:

1) слои, описывающие статику – $M_{сл.стат.} = (M1, M2)$;

2) слои, описывающие динамику – $M_{сл.динам.} = M3$.

Второй составляющей предложенной модели построения динамической сцены является P – множество инструментов, средств и методов создания компонентов АНГС РВ. Пусть:

1) $P1$ – множество средств для создания слоев картографического фона (стандартных географических слоев и тематических карт);

2) $P2$ – множество средств для создания динамических слоев, в которых отображается динамика;

3) $P3$ – множество средств для отображения слоев картографического фона;

4) $P4$ – множество средств для отображения динамических слоев;

5) $P5$ – множество средств для работы со слоями, управления и анализа данных на картографическом фоне;

6) $P6$ – множество средств для работы с динамическими слоями, управления и анализа данных в динамических слоях.

Для этих множеств можно определить операции объединения и пересечения:

$$P1 \cup P2 \cup P3 \cup P4 \cup P5 \cup P6 = P,$$

$$P1 \cap P2 \cap P3 \cap P4 \cap P5 \cap P6 = \emptyset.$$

Результатом операции объединения и является P . По функциональному назначению данное множество можно поделить на 3 подмножества:

1) $P_{созд.} = (P1, P2)$ – подмножество множества P , которое содержит средства для создания слоев для динамической сцены;

2) $P_{отобр.} = (P3, P4)$ – подмножество множества P , которое содержит средства для отображения слоев для общей динамической сцены;

3) $P_{раб.дан.} = (P5, P6)$ – подмножество множества P , которое содержит средства для работы, управления и анализа данных слоев динамической сцены.

Поскольку динамическая сцена складывается из двух составляющих: статики (картографический фон) и динамики (перемещение сложных символов реальных объектов), рис. 5, то можно представить каждую из этих составляющих следующим образом:

1) Модель построения картографического фона:

$$MOD_{карт.фона.} = (M1, M2, P) = (M_{сл.стат.}, P).$$

2) Модель построения динамики в общей динамической сцене:

$$MOD_{динам.} = (M3, P) = (M_{сл.динам.}, P).$$



Рис. 5. Общее представление составляющих динамической сцены

Для данных моделей, являющихся множествами, можно определить следующие операции.

Объединение – модель построения динамической сцены:

$$\text{MOD}_{\text{дин.сены}} = \text{MOD}_{\text{карт.фона}} \cup \text{MOD}_{\text{динам.}} = (M1, M2, P) \cup (M3, P) = (M_{\text{сл.}}, P).$$

Таким образом, объединением моделей построения картографического фона и построения динамики в общей сцене получается общая конкретизированная модель представления динамической сцены в АНГС РВ.

$$\text{MOD}_{\text{дин.сены}} = \langle M1, M2, M3, P1, P2, P3, P4, P5, P6 \rangle.$$

Пересечение:

$$\text{MOD}_{\text{карт.фона}} \cap \text{MOD}_{\text{динам.}} = (M1, M2, P) \cap (M3, P) = P.$$

Результатом операции пересечения $\text{MOD}_{\text{карт.фона}}$ и $\text{MOD}_{\text{динам.}}$ является множество инструментов, методов и средств Р.

Разность:

$\text{MOD}_{\text{карт.фона}} \setminus \text{MOD}_{\text{динам.}} = (M1, M2, P) \setminus (M3, P) = (M1, M2)$ – множество слоев необходимых для организации и построения картографического фона.

$\text{MOD}_{\text{динам.}} \setminus \text{MOD}_{\text{карт.фона}} = (M3, P) \setminus (M1, M2, P) = (M3)$ – множество слоев, в которых отображается динамика перемещения объектов.

4. Декартово произведение. Так как $M_{\text{сл.}}$ – множество слоев, использующихся для построения динамической сцены и Р – множество инструментов, средств и методов создания компонентов АНГС РВ, то можно определить декартово произведение $M_{\text{сл.}}$ на Р.

$$M_{\text{сл.}} \times P = \{ (m_{\text{сл.}}, p) \mid m_{\text{сл.}} \in M_{\text{сл.}} \text{ и } p \in P \}.$$

Каждая пара $(m_{\text{сл.}}, p)$ обозначает, что для каждого слоя динамической сцены существует инструмент, средство и метод создания компоненты АНГС РВ. К таким компонентам можно отнести создание тематической карты,

среза, отчета, запроса и т.д.

Выводы

Предложена модель построения АНГС РВ, включающая модель представления динамической сцены, которая представлена описанием компонент сцены в виде наборов множеств. Она позволяет представить процесс построения динамической сцены в виде композиции ее составляющих. Процесс проектирования динамической сцены представляет собой совокупность подпроцессов проектирования по каждой ее составляющей, что обеспечивает значительное сокращение затрачиваемых времени и средств.

Литература

1. Глушков В.М. Введение в АСУ.- К.: Техника, 1974.- 319 с.
2. Месарович М., Такахара И. Общая теория систем: Математические ос-новы. /пер. с англ. Наппельбаума, под ред. С.В.Емельянова. – М.: Мир, 1978.- 311с.
3. Балашов Е.П., Пузанков Д.В. Проектирование информационно-управ-ляющих систем.- М.: Радио и связь, 1987.- 256 с.
4. Цвиркун А.Д. Основы синтеза структуры сложных систем.- М.: Наука, 1982.- 200 с.
5. Организация взаимодействия человека с техническими средствами АСУ. В 7 кн. Кн. 4. Отображение информации; Практ. пособие / В.М. Гасов, А.И. Коротаев, С.И. Сенькин; Под. ред. В.Н. Четверикова. – М.: Высш. шк., 1990. – 111с.: ил.
6. Васюхин М.И. Алгоритмические и программно-аппаратные методы и средства построения интерактивных геоинформационных комплексов оперативного взаимодействия: Дис... докт. техн. наук: 05.13.13 : – Киев, 2002.-407с.
7. Бородин В.А. Методы и средства представления и анализа динамической обстановки в геоинформационных комплексах реального времени: Дис... канд. техн. наук: 05.13.06: – Киев, 2005.-140с.
8. Васюхин М.И., Креденцар С.М., Пономарев А.А., Смолий В.В. "Проблемы построения динамических сцен, выводимых на экран геоинформационных комплексов реального времени" // Вестник ХГТУ.- 2006.- № 1.- С.11-16.
9. Васюхин М.И., Капштык О.И., Касим А.М., Креденцар С.М., "Методы организации динамических сцен в геоинформационных комплексах оперативного управления."// Вестник Херсонского национального технического университета, вып. № 27. – 2007. – С.72-76.
10. Васюхин М.И. Методология построения интерактивных геоинформационных комплексов оперативного взаимодействия // Математичні машини і системи.- 2002.- № 2.- С. 97-103.