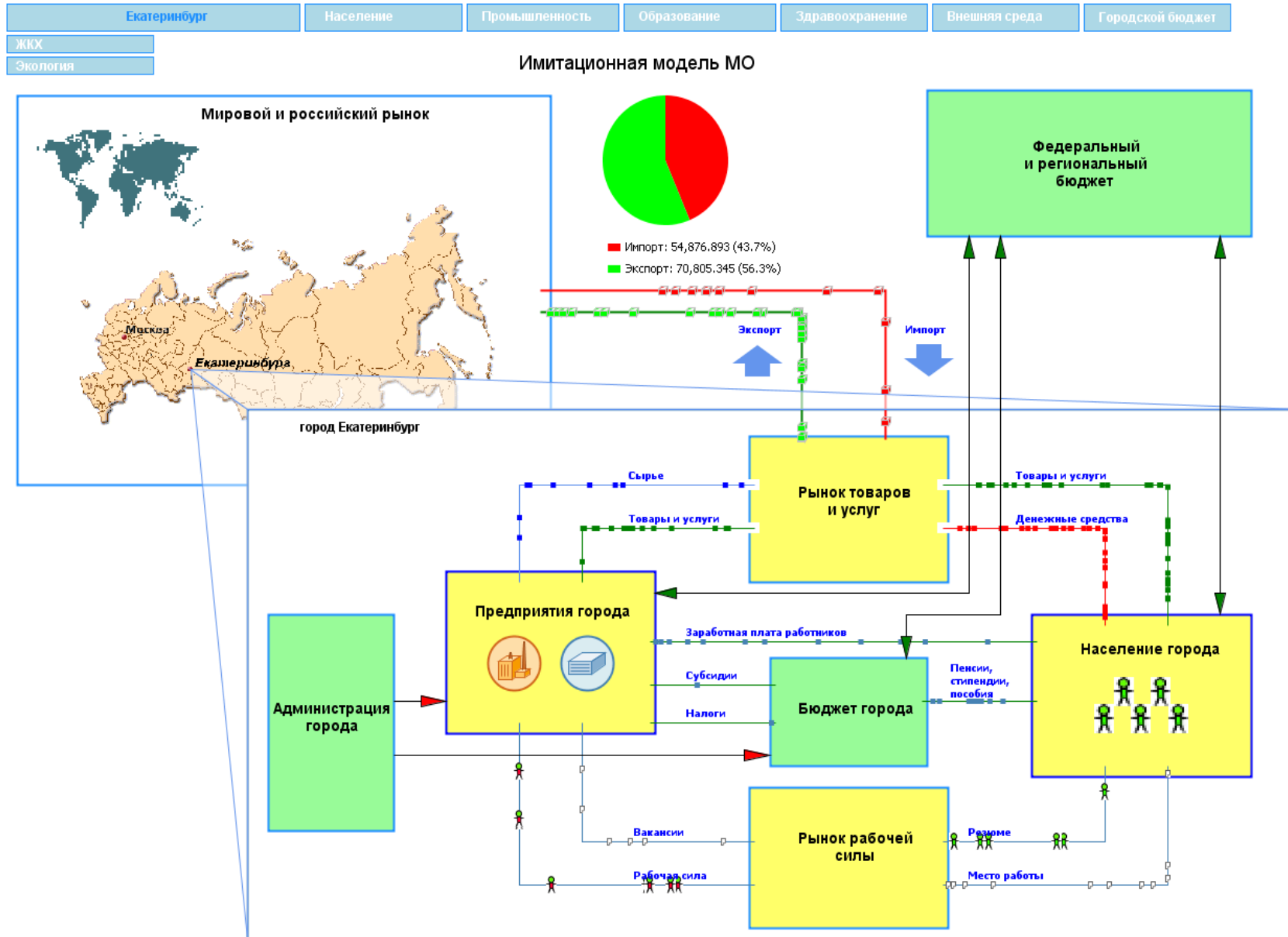


Б.И.Клебанов, А.Вакушин, Ю.Тен

"Применение AnyDynamics для моделирования развития
социальных сообществ"

Структура мультиагентной имитационной модели МО (AnyLogic)



Система коллективного стратегического планирования на базе мультиагентной имитационной модели

Примеры задач

- *Прогнозирование динамики основных социальных и экономических показателей города Екатеринбурга*
- *Анализ эффективности стратегических проектов, их влияния на социально-экономическую динамику города*

Решение задач – коллективное

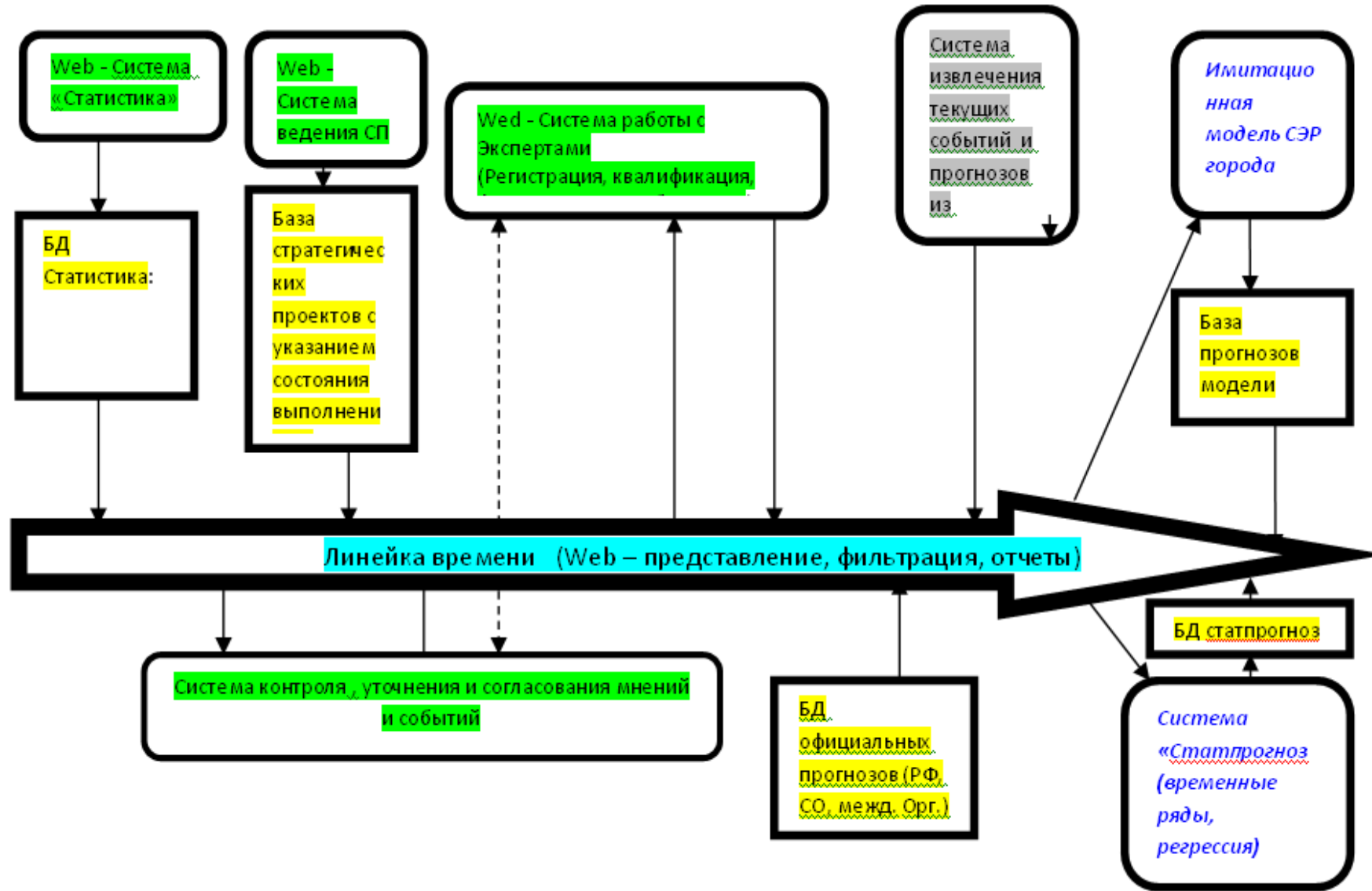
Участники

- Эксперты:
 - По параметрам внешней среды
 - По бюджету
 - По динамике населения
 - По отраслям городского хозяйства (металлургия, химическое производство и др.)
- Руководители
- Модель развития МО

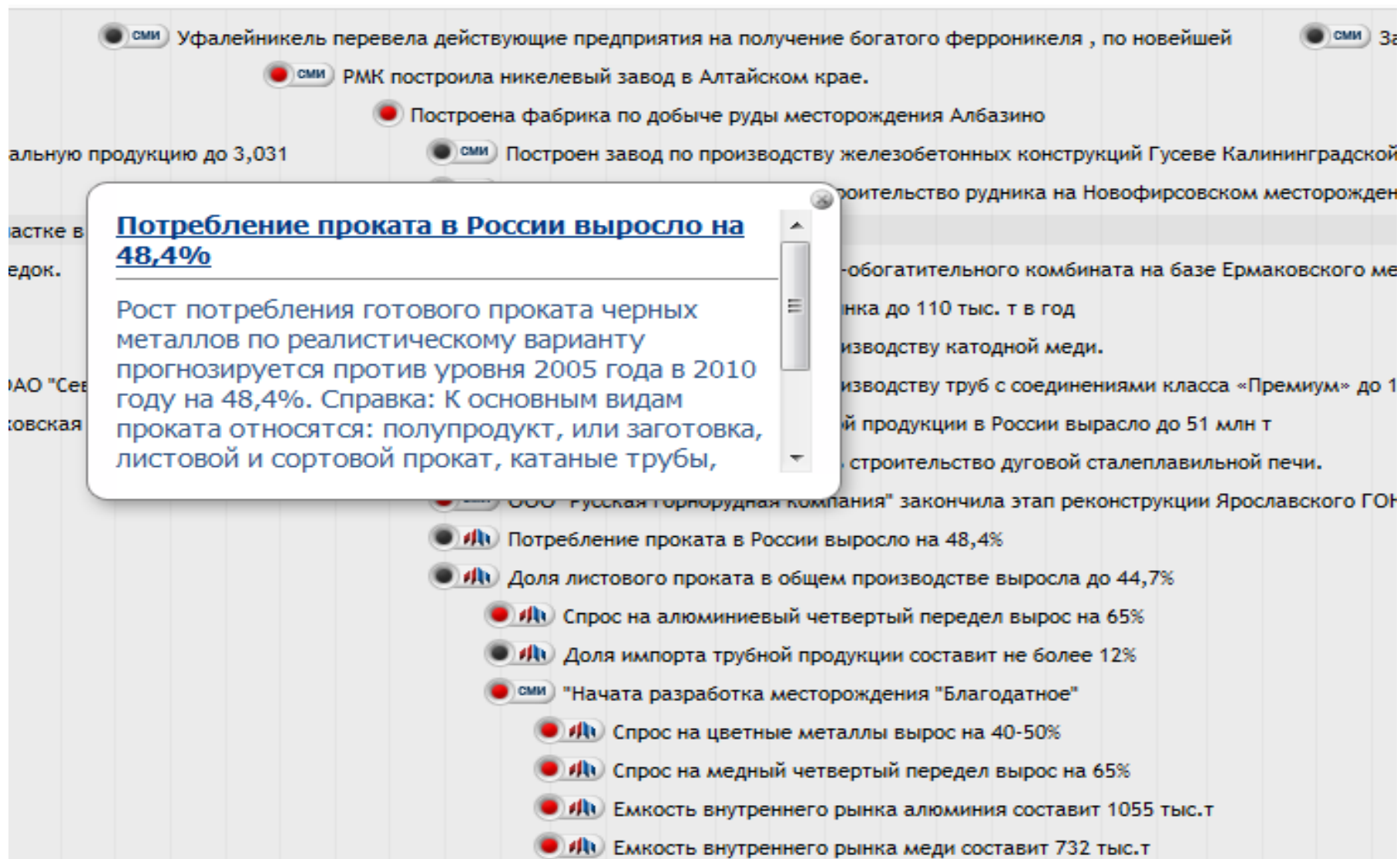
Комплекс информационных систем поддержки стратегического управления



Линейка времени – средство интеграции стратегической информации из различных источников



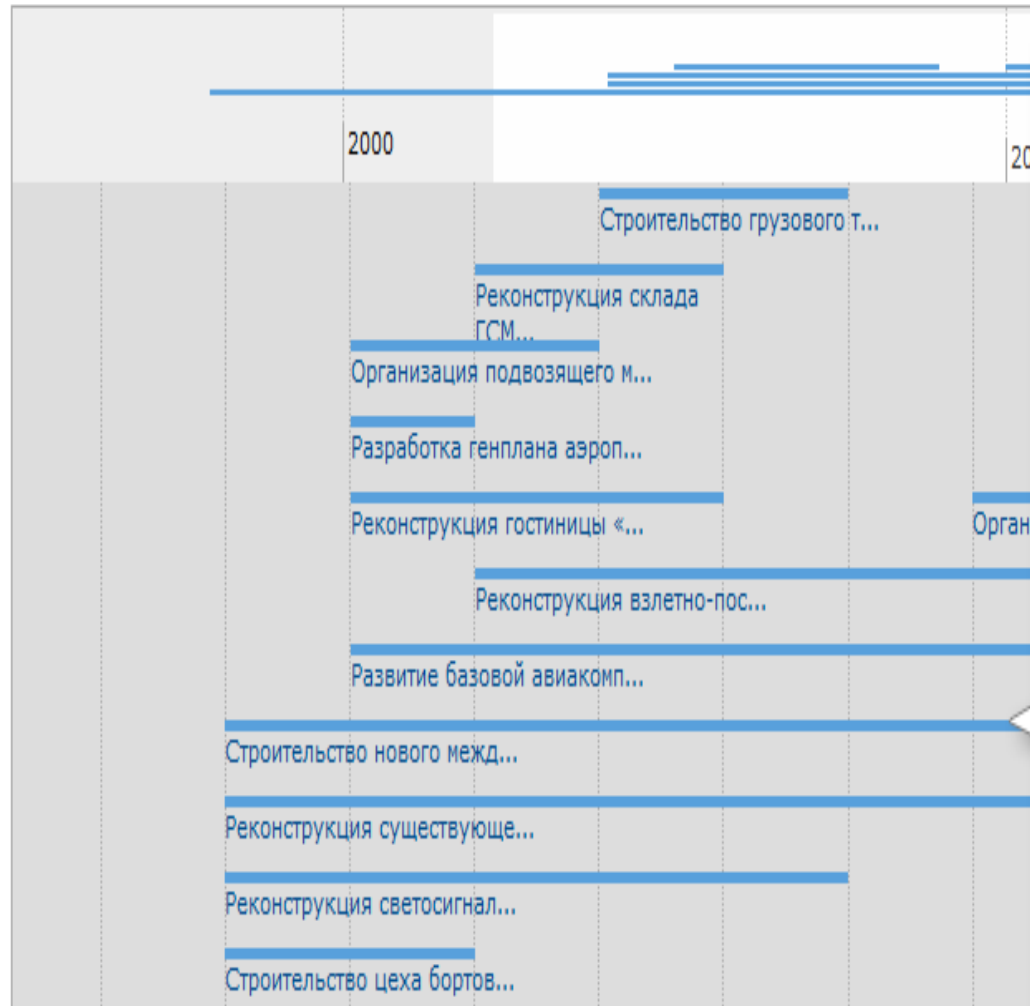
События на линейке времени



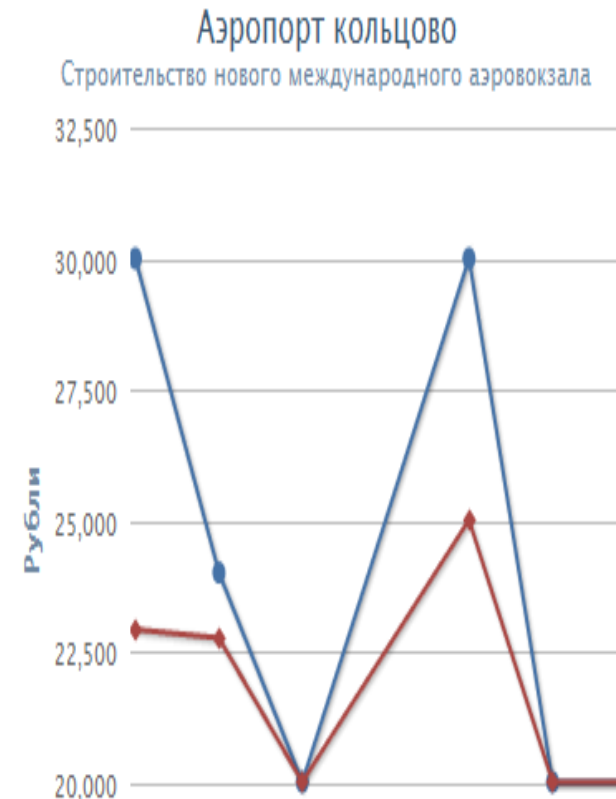
Мероприятия и показатели СЭР на линейке времени

Проект:

Показывать события



Строительство нового международного аэровокзала



ПОЧЕМУ НЕ ВНЕДРЕНА?

1. Слабая поддержка социологов и экономистов при разработке модели
2. Отраслевые специалисты оказались не готовыми к использованию таких инструментов
3. Не все типы объектов и отраслей были представлены в системе
- 4. Слабый учет индивидуальных потребностей, способностей, отношений и взаимодействий активных объектов**
5. Разработка инструмента велась по инициативе снизу
6. Сложность программы. Модернизация системы требовала перепрограммирования
7. Сложность включения новых разработчиков

НО ПРОБЛЕМА СУЩЕСТВУЕТ!

Об актуальности.

Проблема 1. Мнение корпорации RAND

Список тем, каждая из которых может рассматриваться как **национальный вызов** и плохо **решается** «**без уникальной мощи моделирования**»:

- радикализация терроризма,
- ослабление демократии и национального единства в результате проведения кампаний за рубежом в области информационных операций,
- улучшение перспектив стабильности после международных вмешательств,
- управление поведением населения после стихийных бедствий
- борьба с наркотиками
- планирование и адаптация стратегии развития общества

Корпорация считает:

- для каждой из этих тем должны быть созданы национальная, возможно виртуальные, **лаборатории**, объединяющие ученых и практиков различных отраслей
- лаборатории должны использовать **методы социально-поведенческого моделирования** (т. е. моделирования, отражающего **поведение отдельных лиц и социальных субъектов**)

Мнение корпорации RAND

В предстоящие годы социально-поведенческое моделирование (т. е. моделирование, отражающее поведение отдельных лиц и социальных субъектов) *должно* помочь нам:

1. Понять некоторые классы явлений в обществе;
2. Предвидеть, как эти явления могут правдоподобно разворачиваться;
3. Оценить потенциальные желательные и нежелательные последствия дополнительных событий в мире при возможных вмешательствах США или противника;
- 4. Создать полезные средства для планирования в условиях неопределенности, включая глубокие неопределенности, которые часто возникают при работе с человеческими и социальными явлениями.**

Мнения ведущих ученых

Лауреат НП И.Пригожин:

- сложность переходных процессов в больших МАС
- необходимость анализа поведения отдельных агентов, когда вся система переходит сначала в неустойчивое (турбулентное состояние), а затем в новое устойчивое состояние.

Лауреаты НП Д. Каннеман, А. Тверски и Р. Талер :

- важность учета поведения личности в экономике
- пути целевого воздействия на поведение личности

Академик РАН В.Л. Макаров отмечает:

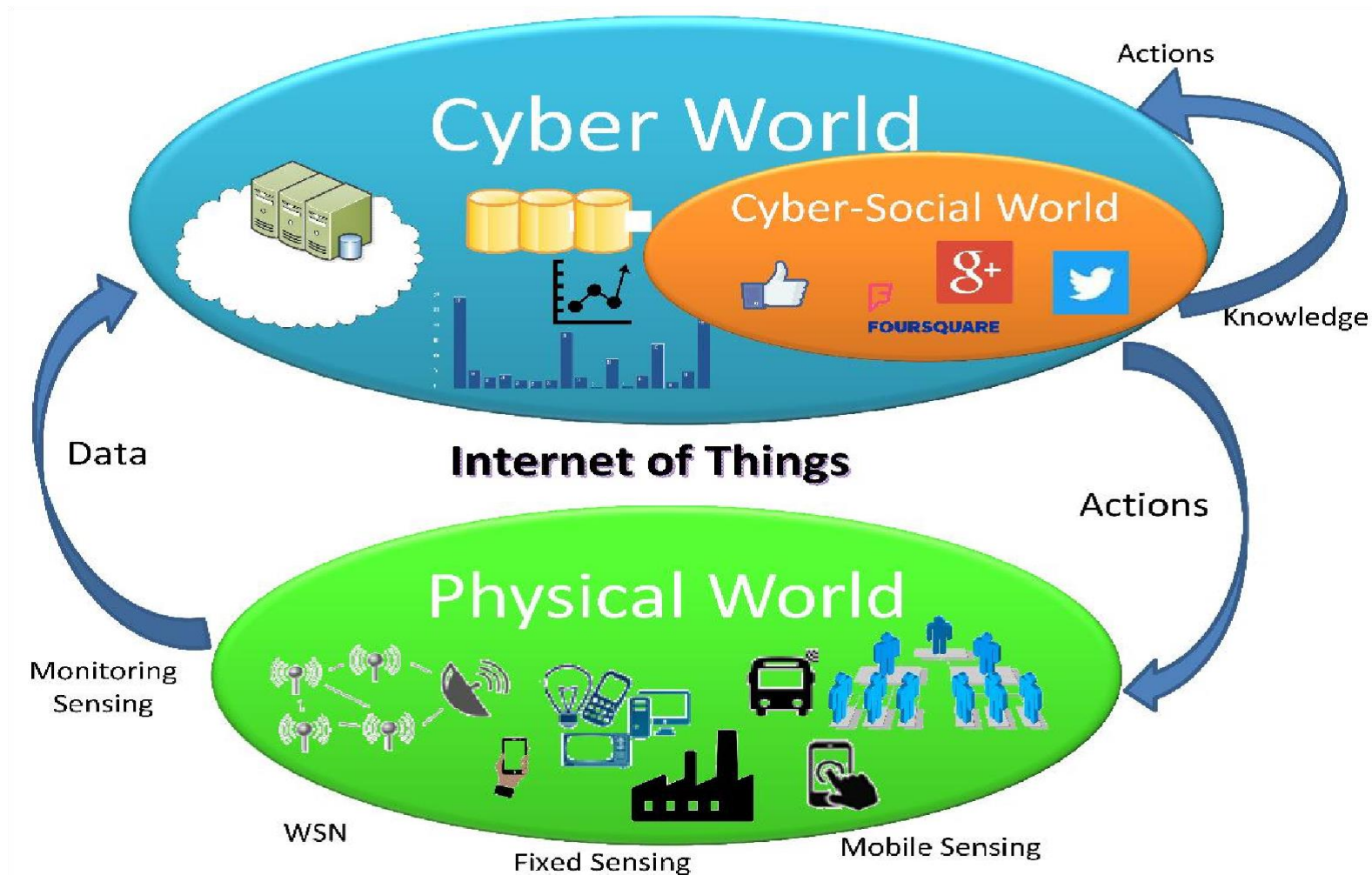
- математические модели экономики подходят к своему пределу сложности.
- большинство существующих мультиагентных моделей направлено на изучение конкретных сфер общества

Крупный американский ученый У. Б. Артур, один из пионеров науки о сложности - науки о том, как модели и структуры самоорганизуются, ставит задачи:

- необходимости построения типовых паттернов индивидуального поведения
- исследования адаптации паттернов при изменении жизненных условий

Проблема 1. Отсутствие эффективных средств прогноза и управления процессами развития в сложных распределенных социально-кибер-физических системах

Объект управления



Проблема 2. Отсутствие эффективных методов управления в групповой робототехнике

- **Существует** огромное количество работ, посвященных отдельным аспектам проблемы и примеры решения простых задач.
- **Но! Отмечается отсутствие** реальных интегрированных интеллектуальных систем управления **в этой области.**
- **Предлагается** для решения данной проблемы в качестве единой методологической основы также использовать **модели социального поведения** [Карпов В.Э и др. Социальные сообщества роботов] .

Проблема 3. Отсутствие эффективных информационных систем для поддержки социально-психологической адаптации учащихся.

- **Возможный путь** решения проблемы –создание игровых программных **лабораторных комплексов на базе моделей социального поведения**, имитирующих развитие коллектива и отдельных личностей с различными чертами характера. (по аналогии с физикой –подали напряжение, посмотрели ток)

Основные проблемы создания моделей поведения социума

1. Фрагментация научных исследований в этой по отраслям знаний
2. Невозможность использования чисто аналитических моделей, математические модели экономики подходят к своему пределу сложности
3. Разработанные компьютерные модели объектов часто не соответствуют научным представлениям
4. **Слабый учет в теории и существующих моделях индивидуальных свойств, связей, поведения отдельных личностей и их влияния на общество**
5. Существующие ранее разработанные модели сложно композировать
6. Не существует простых и понятных, не говоря уже об эффективных, компьютерных инструментов для изучения общества в целом.
7. Создание и корректировка моделей требуют знания языков программирования

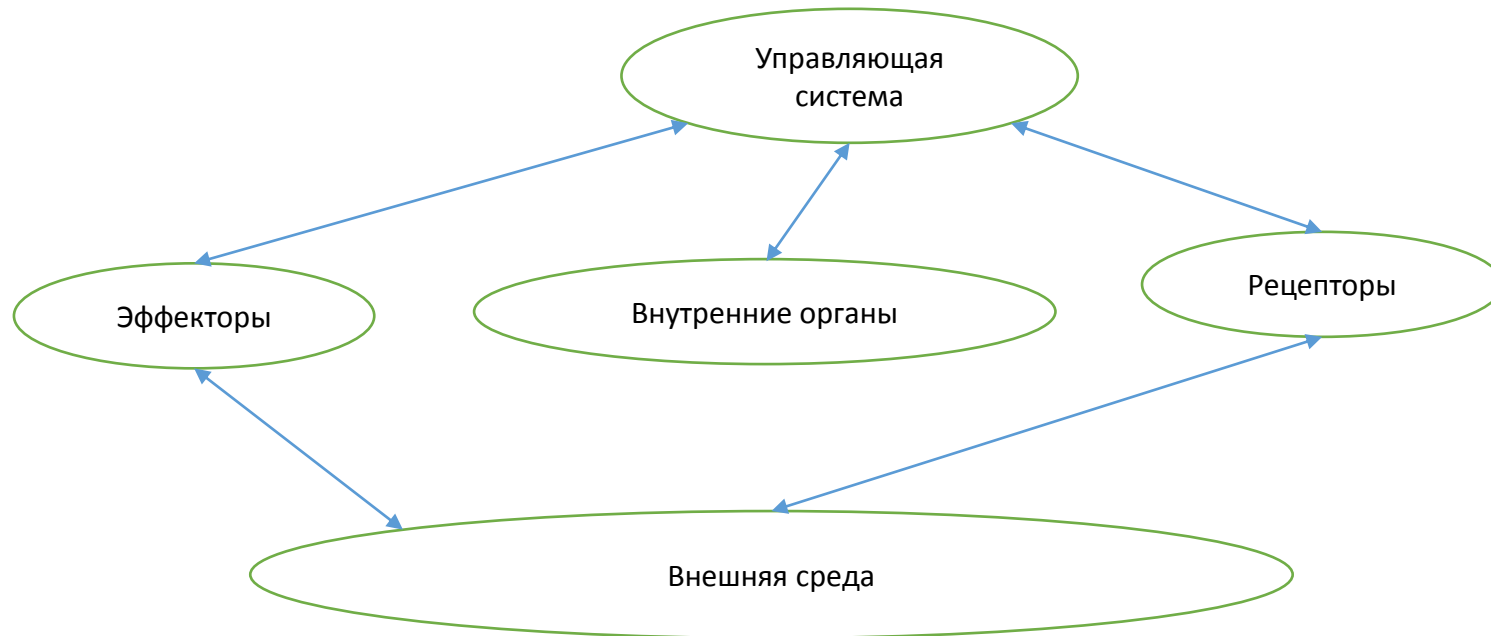
Требования к модели социального сообщества и процессу ее разработки

1. Максимально исключить программистов из процесса разработки ИМ
2. Обеспечить модульность (компонентность) разработки
3. Обеспечить возможность простого описания и включения в систему **моделирования новых типов активных и пассивных объектов**
4. Обеспечить **учет индивидуальных потребностей, способностей, отношений и поведения активных объектов**
- 5. Участие специалистов разных отраслей знаний**
6. Создание виртуальной лаборатории разработки поведенческих моделей с единым центром управления и финансирования (Мечта!). (А может – распределенной, по принципам открытого ПО)
7. Учить разработчиков и пользователей. Но! Должны быть простые метафоры и языки создания и представления систем.

Основные требования к системе моделирования

1. Представление множества территориально-распределенных динамических, взаимодействующих между собой активных (агентов) и пассивных объектов
2. **Многокомпонентная структура агента**
3. Каждый агент живет **в цикле реализации своих потребностей**, причинами которых могут быть новые внешние или внутренние обстоятельства (сигналы).
4. Процессы реализации потребностей могут существовать **параллельно**, что требует разрешения конфликтов на компонентах агента.
5. Способы разрешения конфликтов: **инстинктивный, из памяти, минимальные усилия, планирование, заданные системы приоритетов**. Учет характера и эмоций агента на принятие решений
6. Структура процессов реализации потребностей определена в базе знаний агента (БЗ) и представляет собой **множество рецептов реализации потребностей**, известных агенту на определенной фазе развития
7. Представление **информационного и физического взаимодействия** агентов между собой и с пассивными объектами

Структурная модель активного объекта



Базовая модель агента– расширенный гибридный автомат

$$H = (S, Q, X, P, R, F, Init, Inv, E, G, L, V),$$

S – структура автомата, включающая тело, рецепторы, эффекторы и систему управления

Q – множество дискретных состояний;

X – множество непрерывных переменных – характеристик элементов автомата;

P – множество потребностей;

R – множество доступных агенту рецептов удовлетворения потребностей;

F – векторное поле, описывающее динамику изменения непрерывных переменных автомата в рамках конкретных дискретных состояний, которое включает экземпляры:

$fg_i(p_i)$ – функция генерации p_i потребности

$fv_i(p_i)$ – функция выбора рецепта удовлетворения p_i потребности, если на выбор тратится время

$fe_i(r_i)$ – функция исполнения r_i рецепта удовлетворения p_i потребности (экземпляры функций)

$Init$ – множество начальных состояний;

Inv :– область допустимых значений переменных автомата для каждого q ;

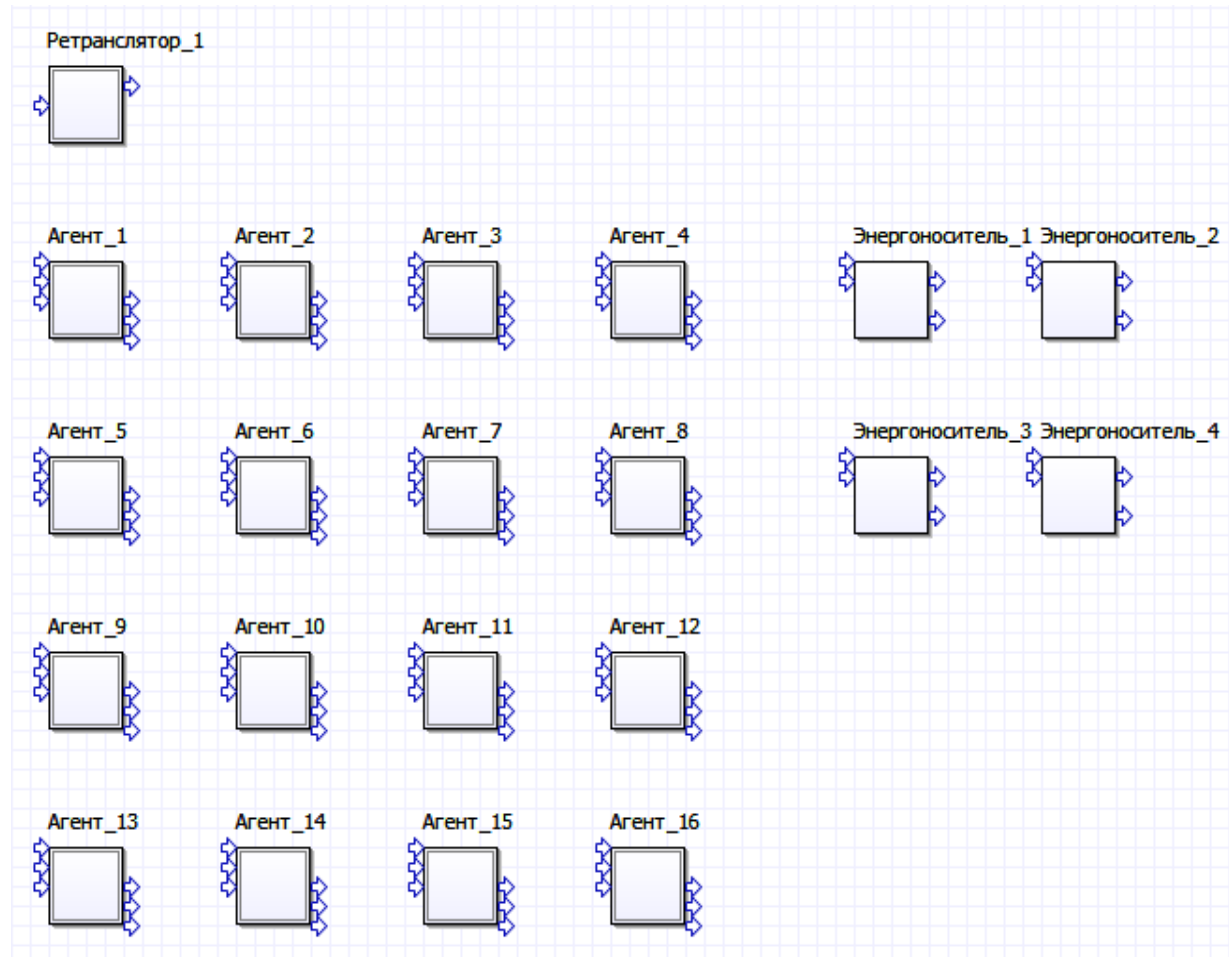
E – множество дуг-переходов между дискретными состояниями;

G – предикаты перехода по соответствующей дуге между парой дискретных состояний;

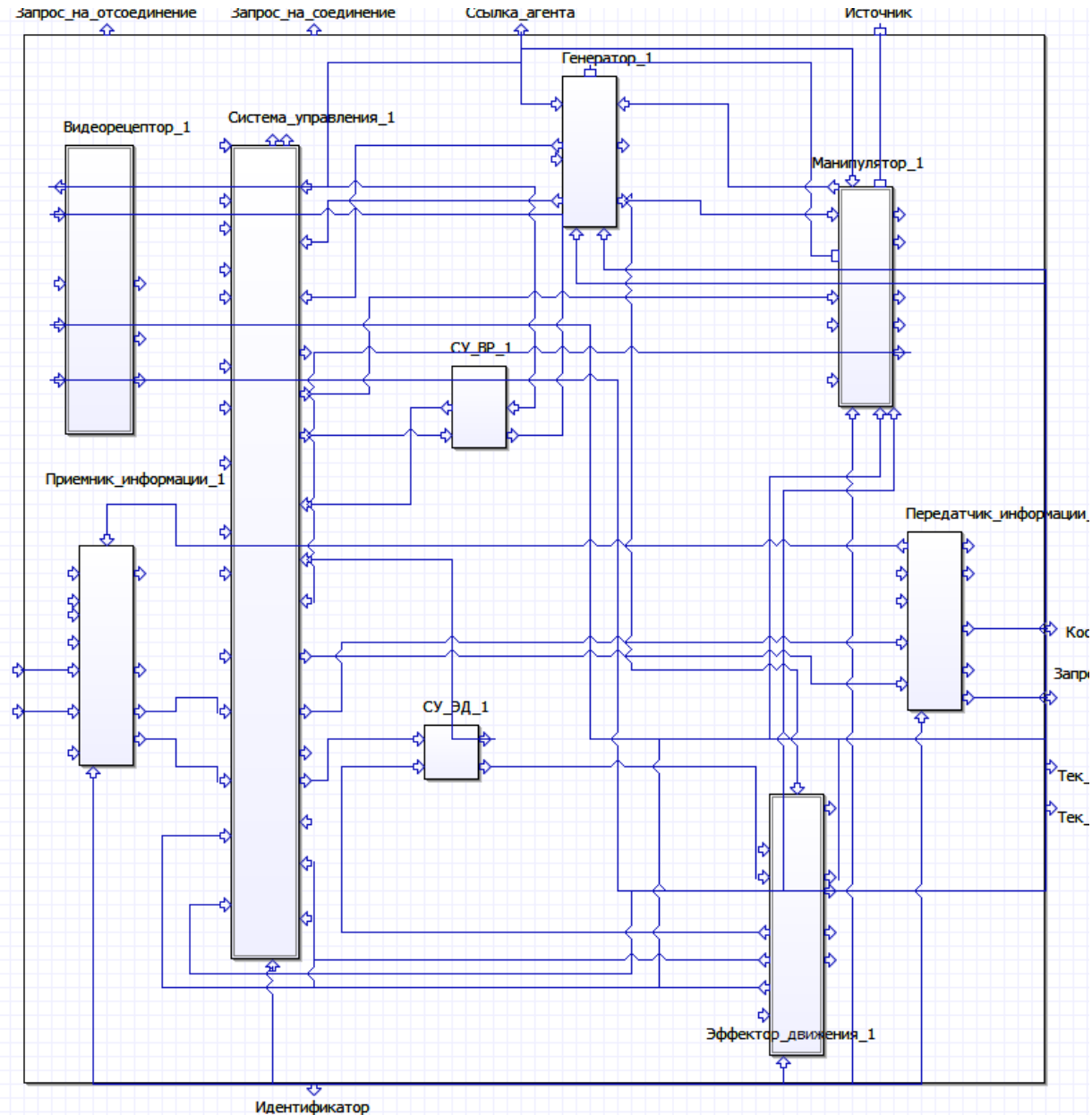
L :– множество правил, определяющее изменение начальных значений переменных автомата при переходе по соответствующей дуге между парой дискретных состояний.

V – функция предпочтения, используемая при выборе рецепта реализации потребности.

Определение состава модели (AnyDynamics)



Компонентная структура агента (физическая модель)



Внутренние органы:

- Система управления
- Генератор энергии

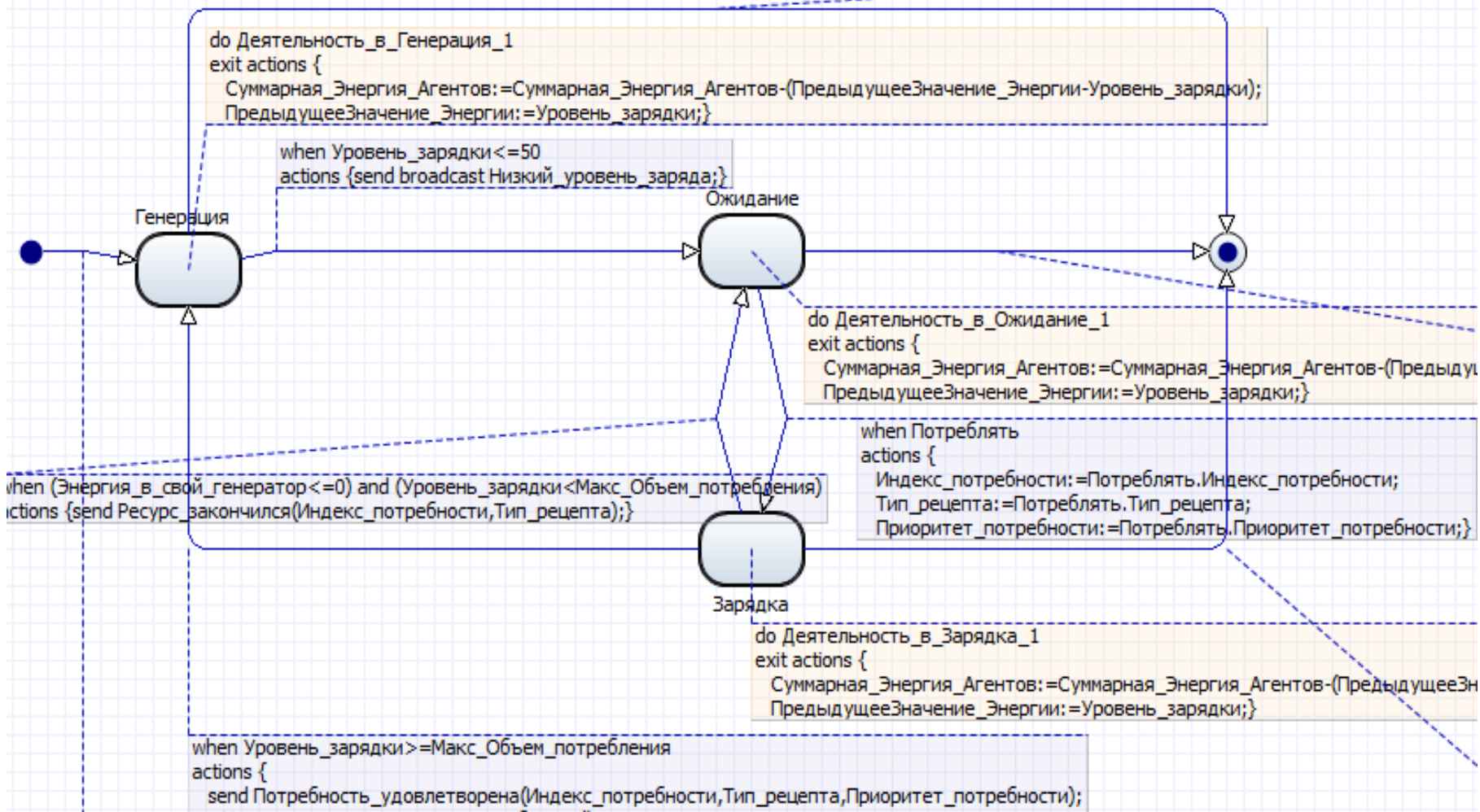
Рецепторы:

- Видеорецептор
- Приемник информации

Эффекторы:

- Передатчик информации
- Эффектор движения
- Манипулятор

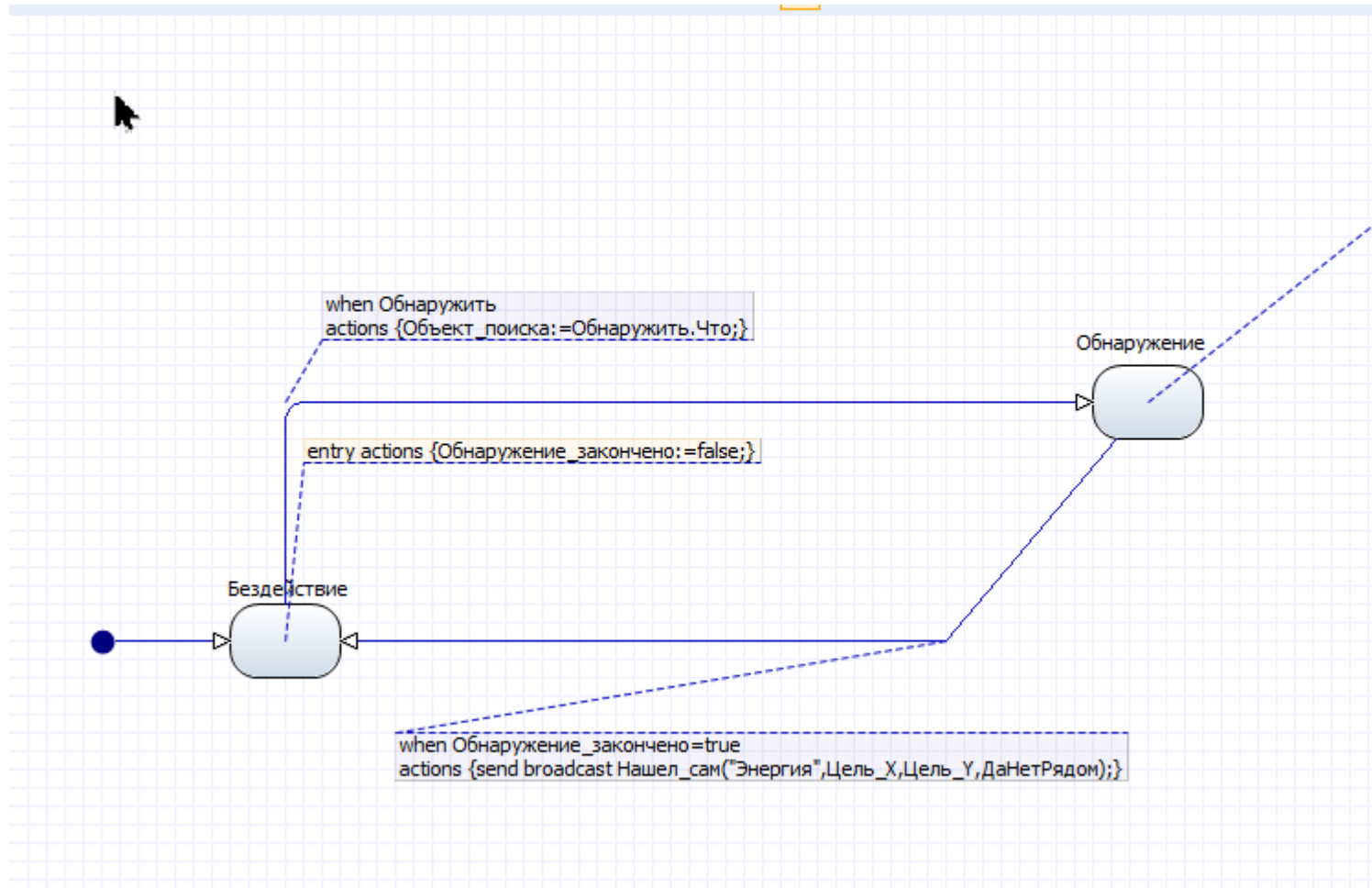
Модель генератора (аккумулятора)



- Входы:
 - Энергосырьё
 - Сигнал запуска зарядки((Потреблять)
- Выходы:
 - Уровень внутренней энергии
 - Сигнал «Низкий уровень заряда»

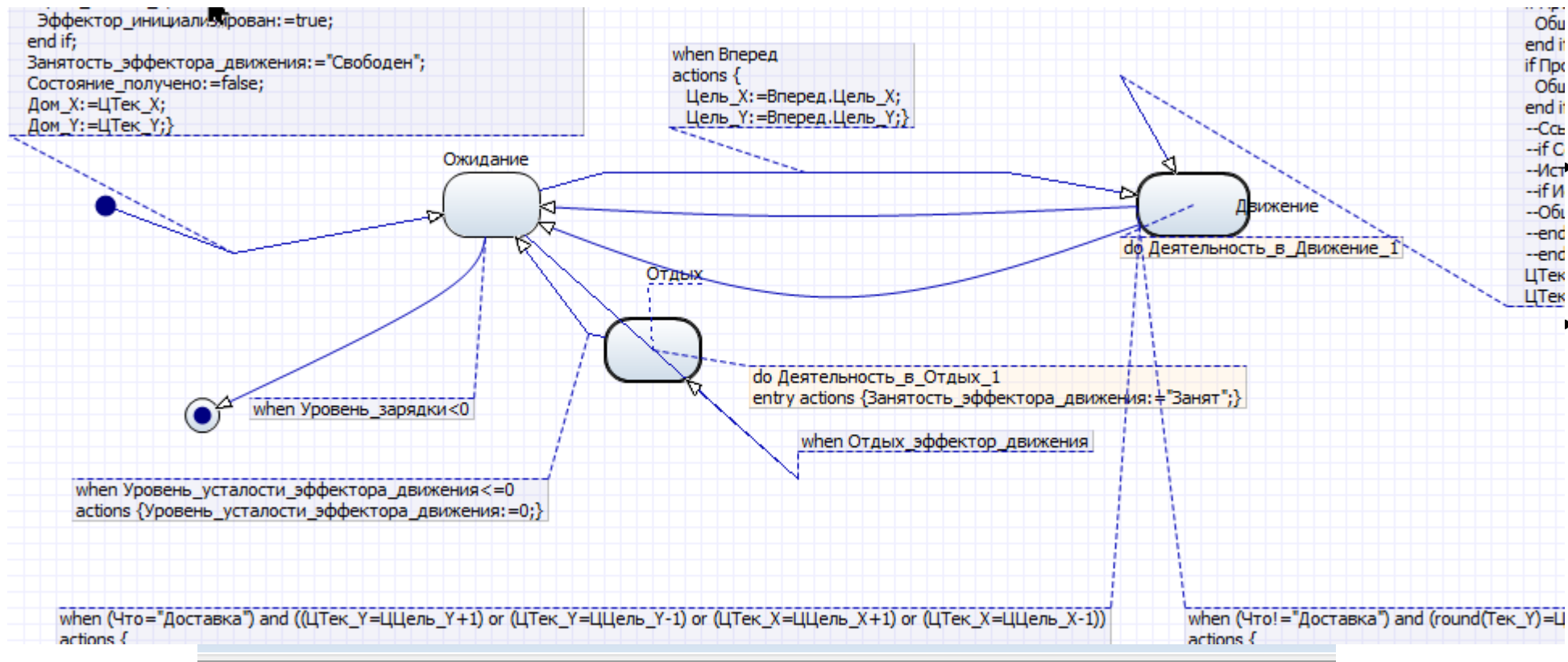
```
Система уравнений
Уровень_зарядки' = 0.5;
Энергия_в_свой_генератор' = -0.5;
unknown Уровень_зарядки;
Искомые переменные
```

Модель видеорецептора



- Параметры:
 - Радиус обзора
- Входы:
 - Положение агента,
 - Объект поиска
 - Сигнал «Обнаружить»
- Выходы
 - Координаты объекта поиска

Модель эффиктора движения



Входы;

- Сигнал и цель перемещения

Выходы :

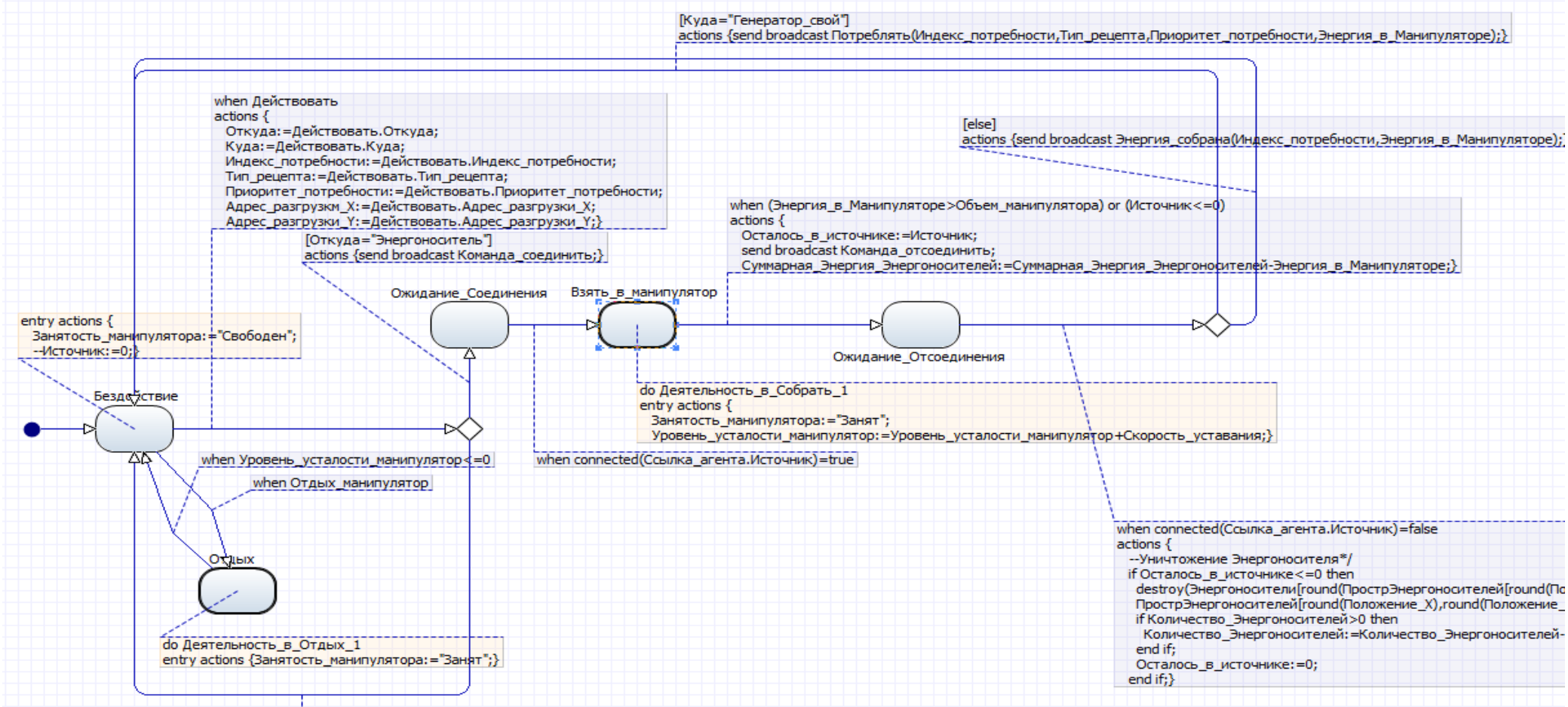
- Сигнал достижения цели

```

Система уравнений
.....
Уровень_усталости_эффиктора_движения' = 30;
.....
Тек_X' = Скорость_передвижения_X*(Цель_X-Тек_X);
.....
Тек_Y' = Скорость_передвижения_Y*(Цель_Y-Тек_Y);
.....
Выход = (Что != "Доставка") and ((ЦТек_X != round(Тек_X)) and (round(Тек_X)

Искомые переменные
.....
Уровень_усталости_эффиктора_движения, Тек_X, Тек_Y, Выход
    
```

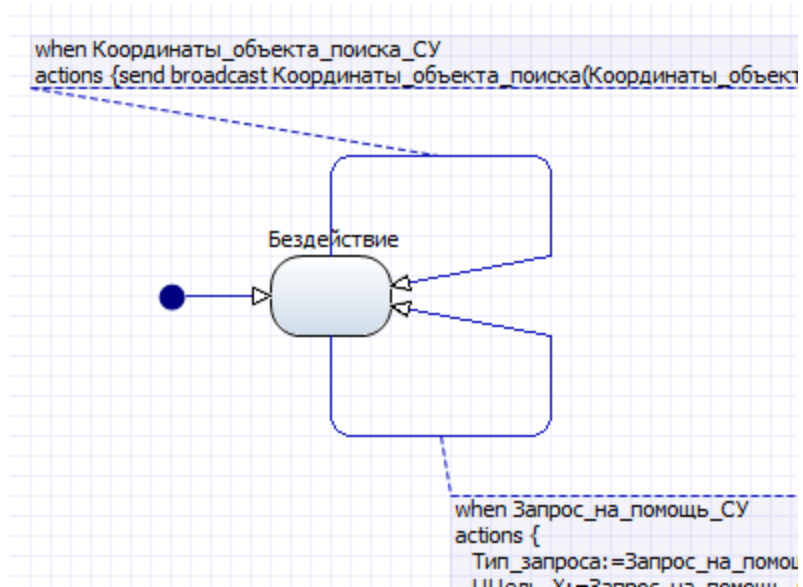
Модель манипулятора (физ. взаимодействие)



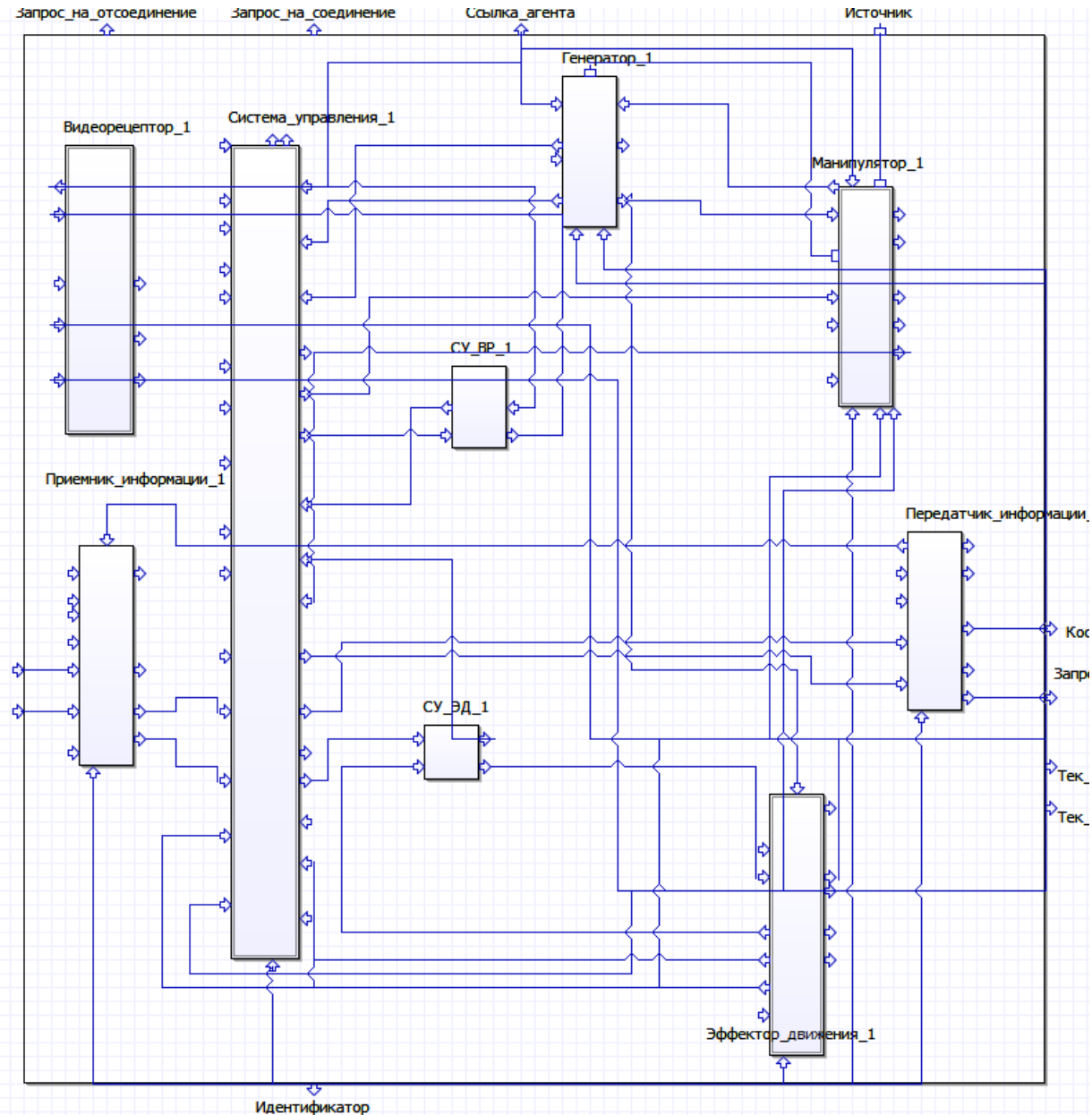
- Входы:
 - Сигнал «Действовать»
 - Сырье от энергоносителя
- Выходы:
 - Сырье для своего генератора
 - Выгрузка сырья внешнему агенту

☑ Система уравнений
 Источник' = -Скорость_накопления_энергосырья;
 Энергия_в_Манипуляторе' = +Скорость_накопления_энергосырья;
 updown Источник, Энергия_в_Манипуляторе;
 ☑ Искомые переменные

Модели передатчика и приемника. Основа связи – широковещательные сигналы



Компонентная структура агента (физическая модель)



Внутренние органы:

- Система управления
- Генератор энергии

Рецепторы:

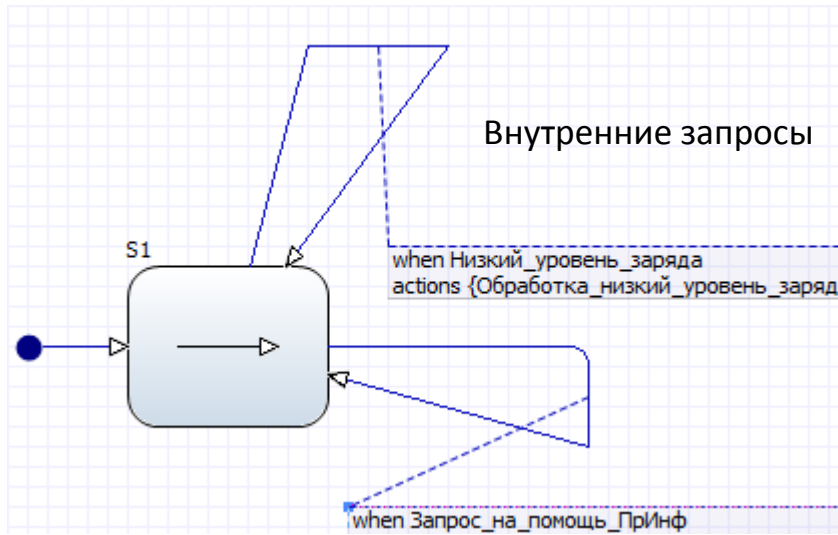
- Видеорецептор
- Приемник информации

Эффекторы:

- Передатчик информации
- Эффектор движения
- Манипулятор

Модель системы управления (интеллект агента (первая очередь))

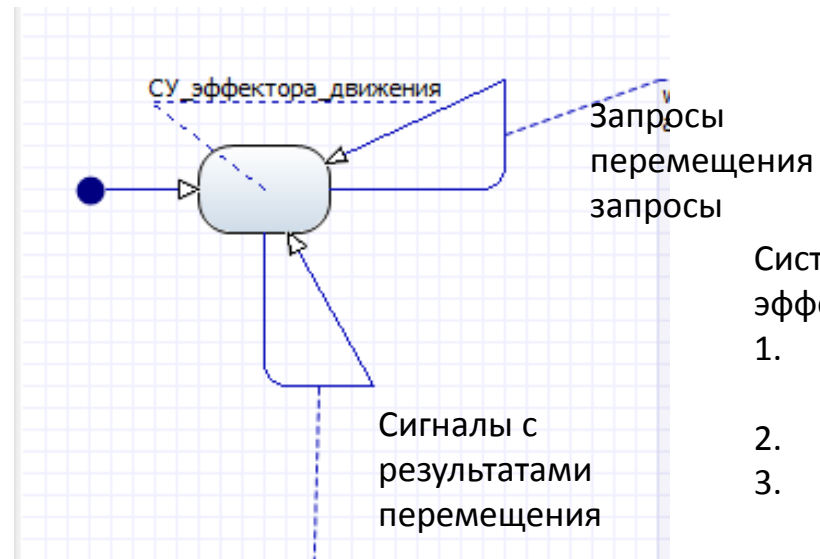
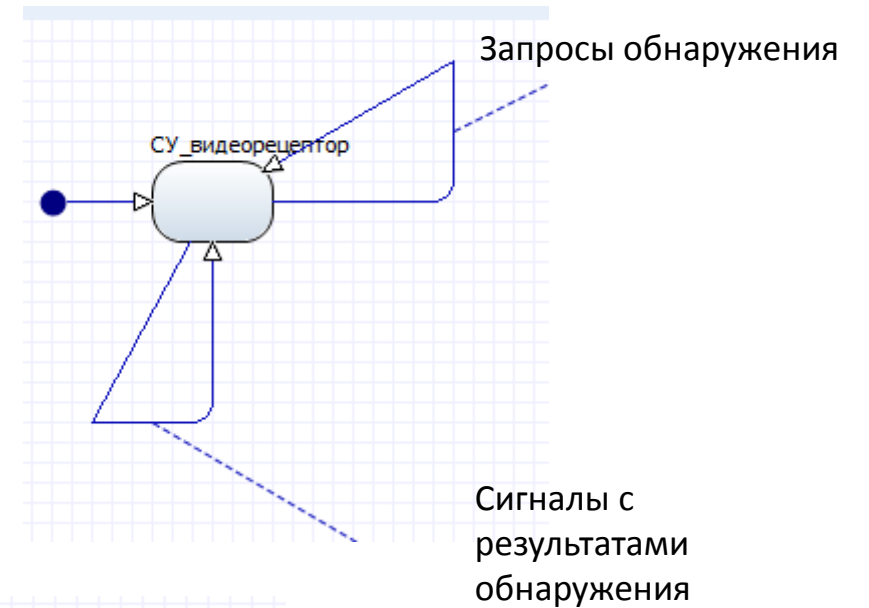
Головная СУ



Внешние запросы

Головная СУ :

1. Принимает сигналы потребностей,
 2. Ведет реестр потребностей
 3. Выбирает, запускает рецепты удовлетворения потребностей
 4. Управляет реализацией рецептов
- Параллельно в состоянии реализации может находиться любое количество рецептов



Системы управления рецепторами и эффекторами:

1. Принимают запросы на использование компонент
2. Ведут реестры запросов
3. Выбирают приоритетные запросы
4. Управляют их реализацией

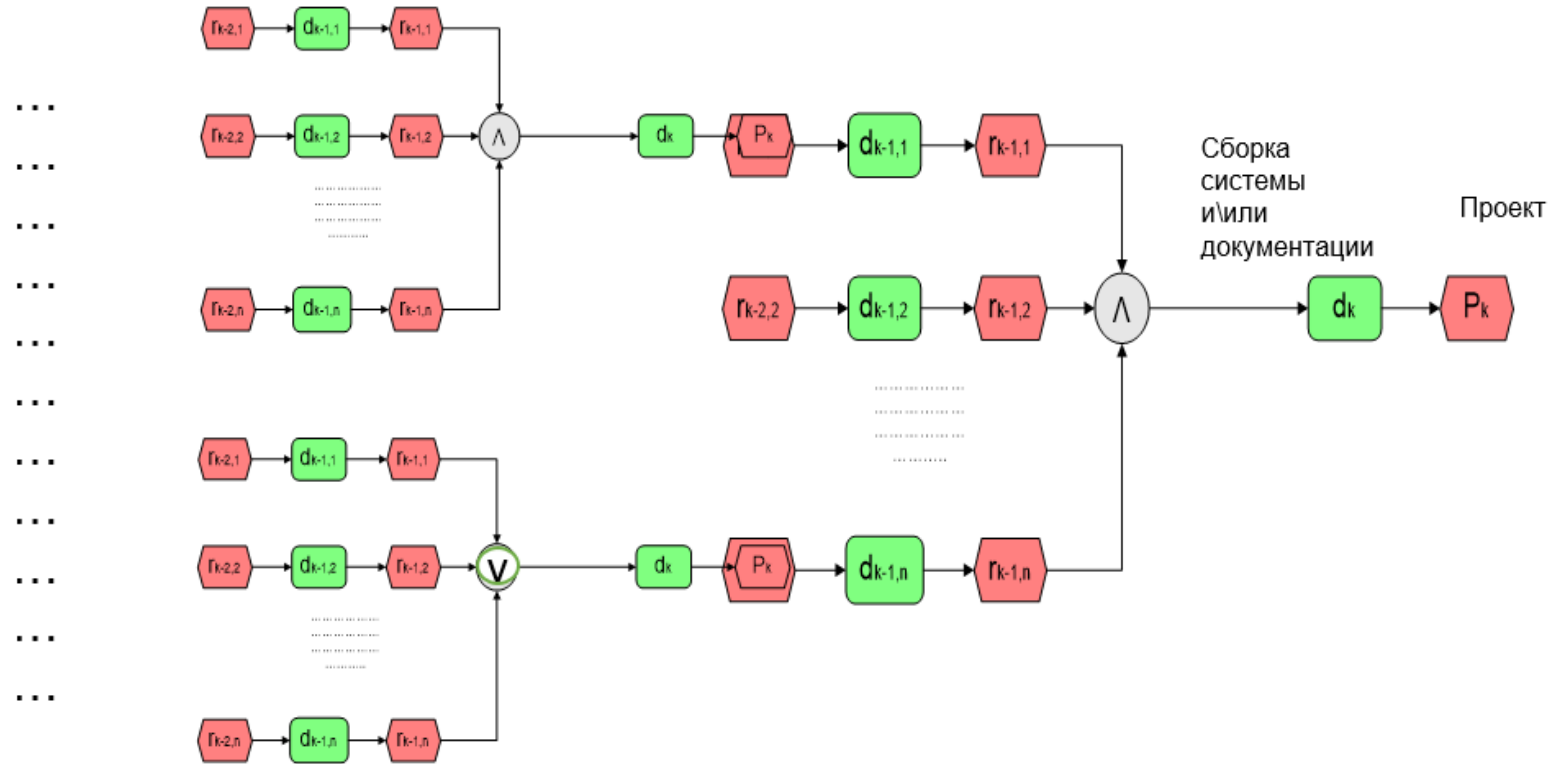
Классы рецептов с точки зрения роли в цикле реализации потребности

1. Рецепты удовлетворения основных потребностей потребления (естественные, духовные)
2. Рецепты развития и усиления возможностей для реализации потребностей (например, приобретения навыков)
3. Рецепты взаимодействия и установления отношений
4. Рецепты анализа и выбора :
 - a. средств реализации потребностей
 - b. предметов потребления
 - c. путей реализации поставленных целей

Рецепты – БЗ агента

Часть рецептов известны агенту с момента рождения

Динамическая декомпозиция процесса реализации потребности



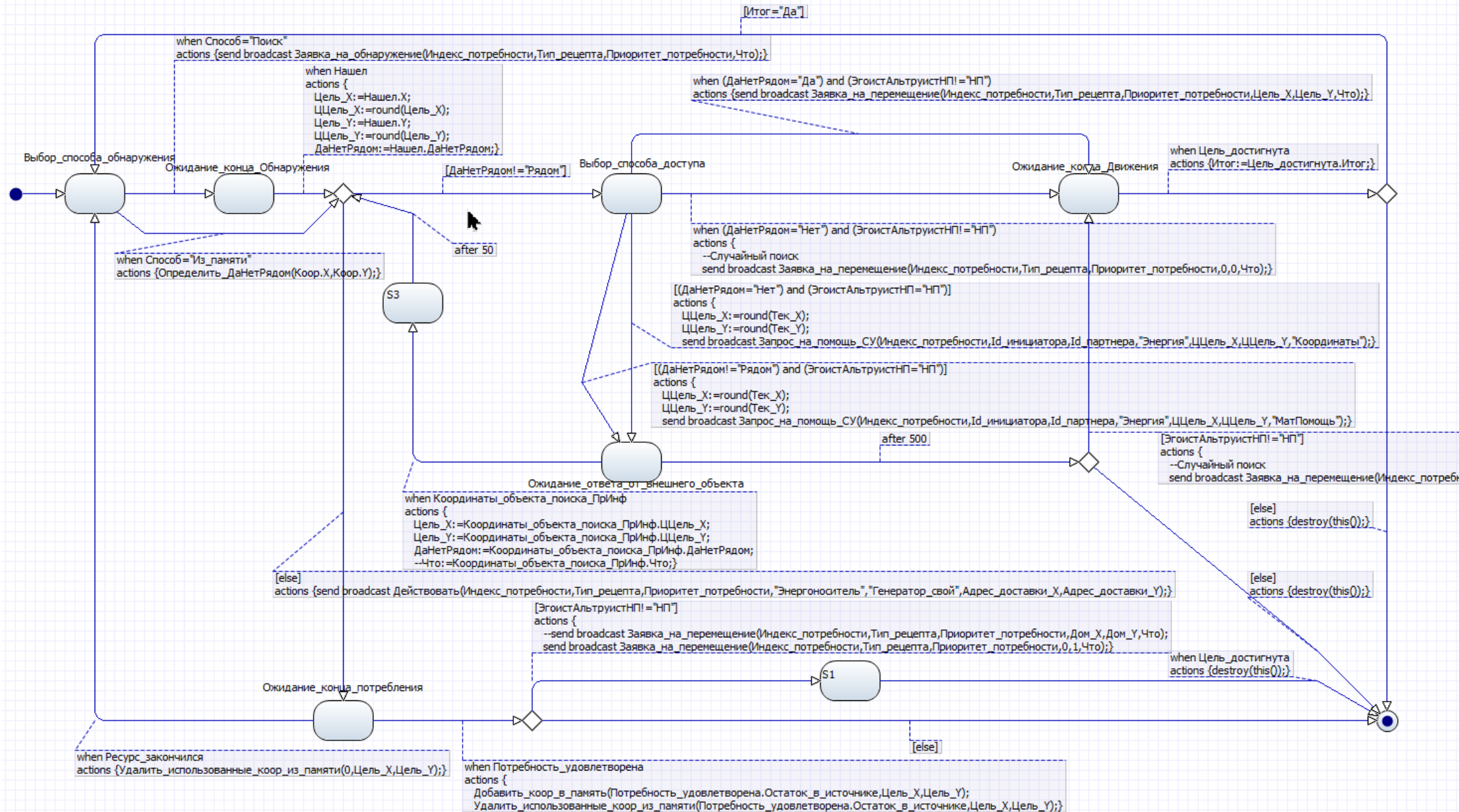
Эталонный рецепт потребления

Сигнал возникновения потребности



Эталонный рецепт удовлетворения потребности в энергии

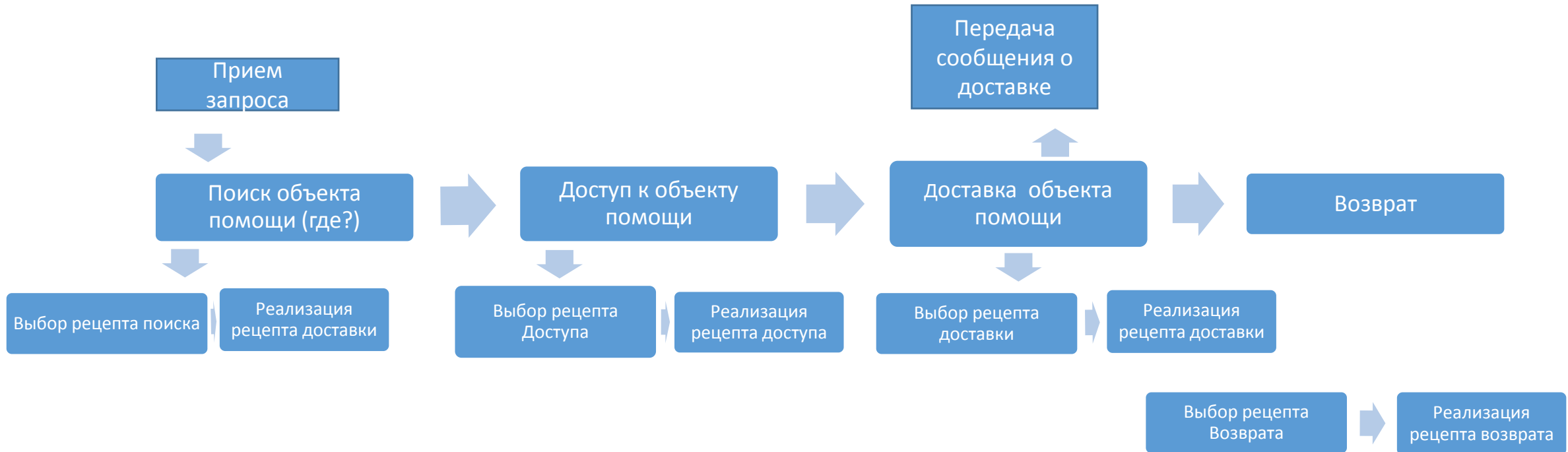
ДаНетРядом={«Да», «Нет», «Рядом»}



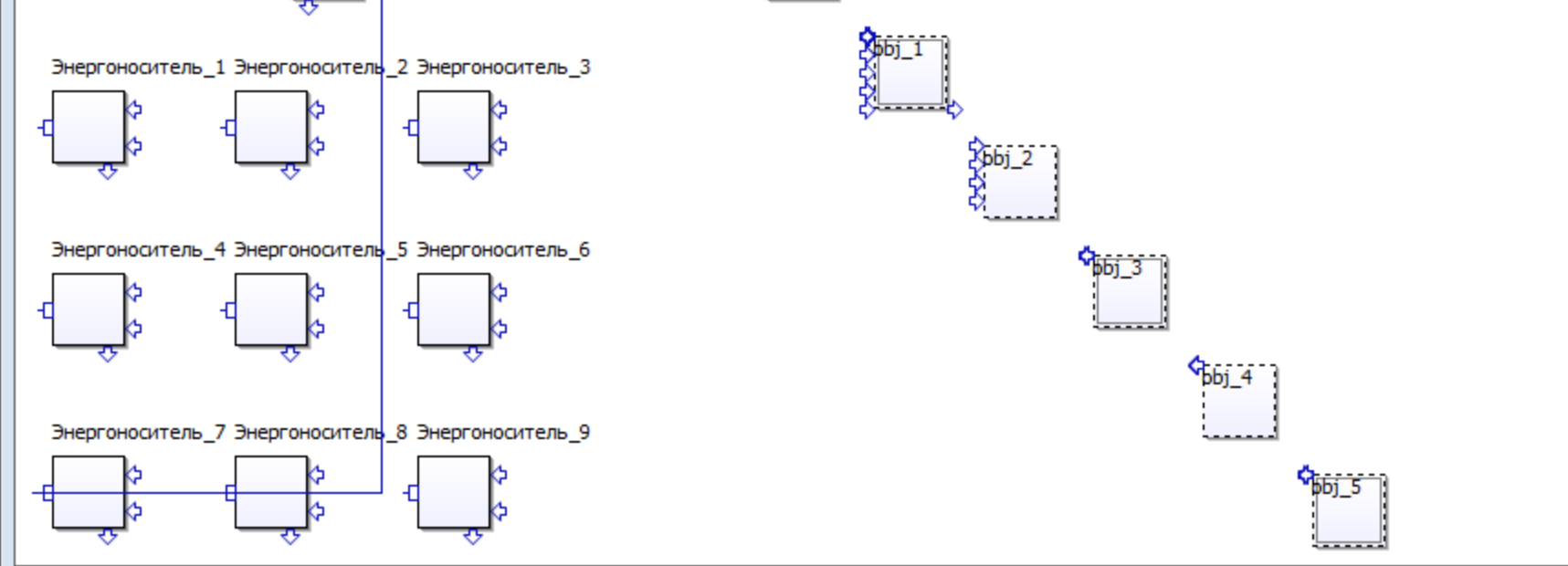
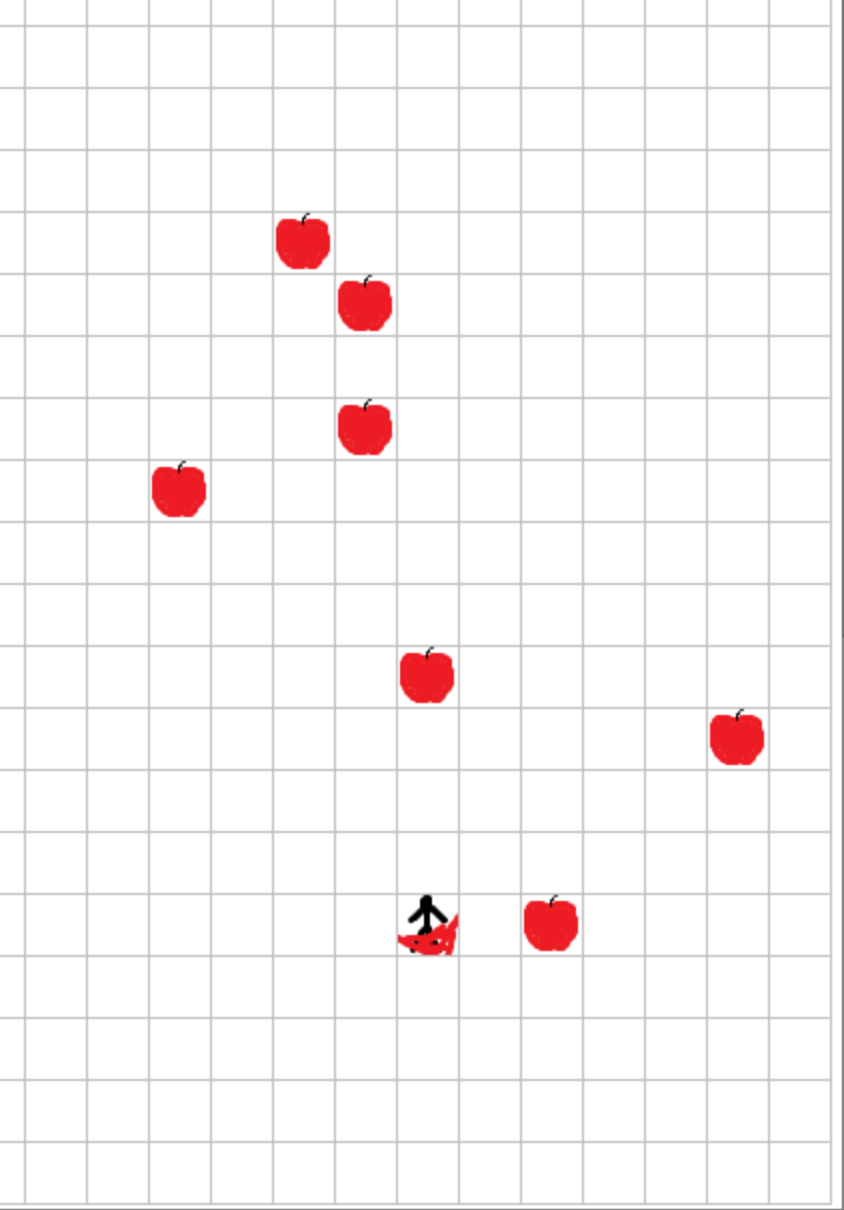
Типы взаимодействий

- Безвозмездная передача ресурса (мат, фин, инф) Дарение
- **Безвозмездное оказание услуги Помощь**
- Обмен
 - Обмен (бартер)ресурса
 - Купля – продажа ресурса
 - Аренда (кредит)
 - Обмен (бартер) услугами
 - Купля – продажа услуги
- Сотрудничество
- Агрессия
 - Принуждение
 - Грабеж
 - Защита -нападение
 - Война
 - Силовое принуждение
 - Информационное
 - Психологическое
- Игра
- Общение Обмен сообщениями
- Любовь
- Руководство
- Подражание

Эталонный рецепт материальной помощи

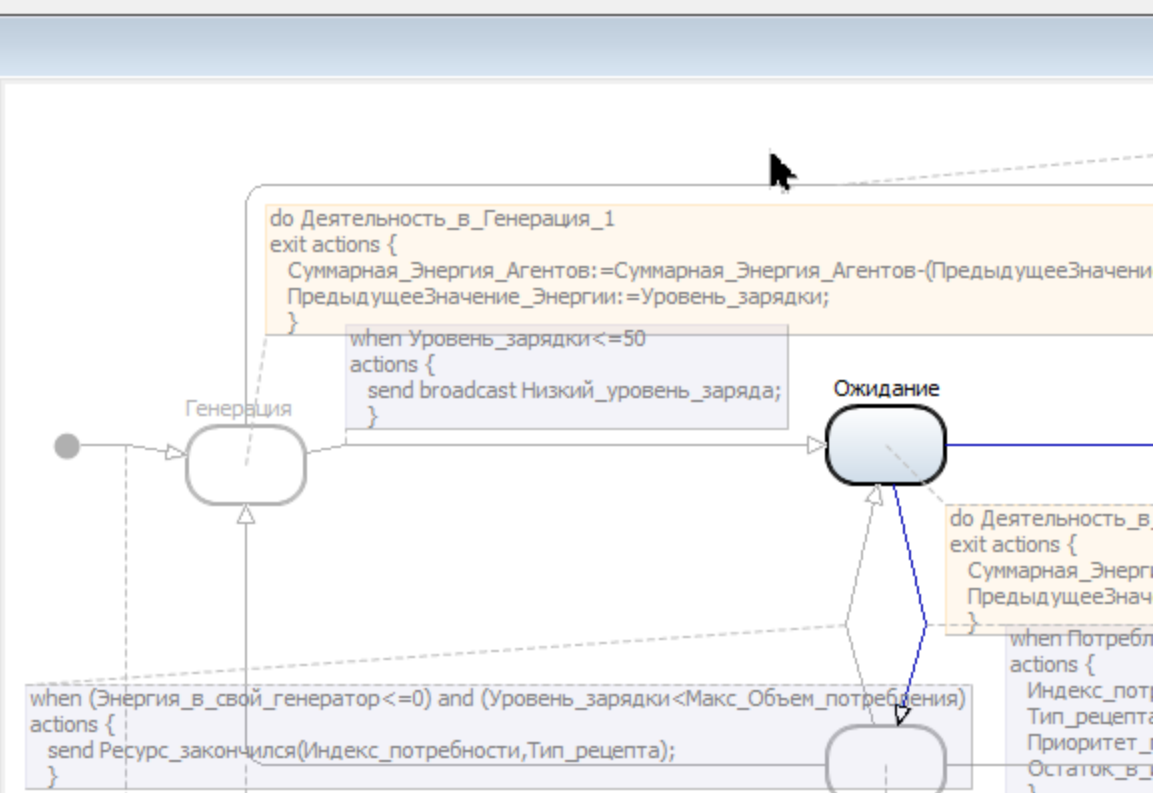


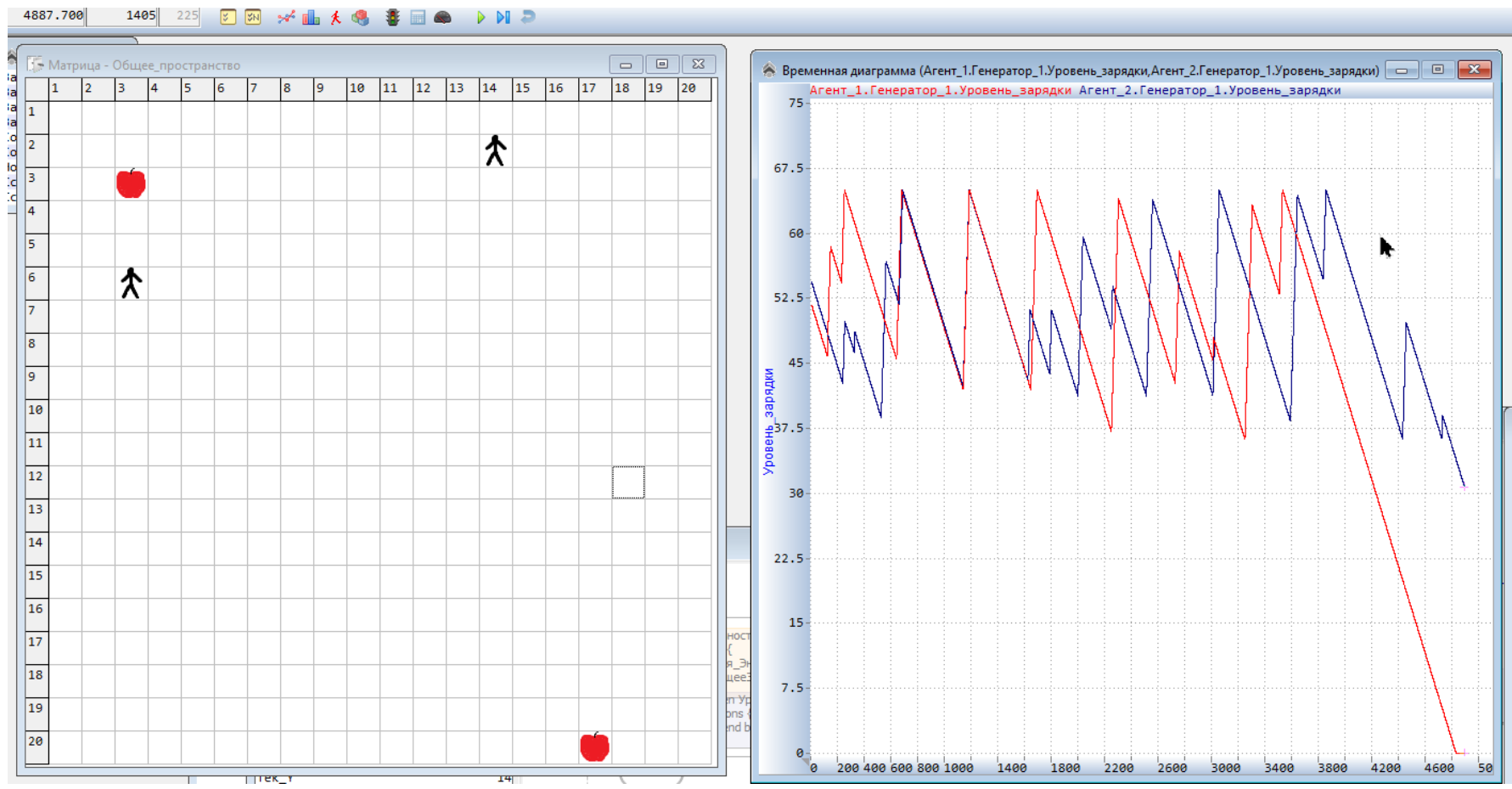
Эксперименты

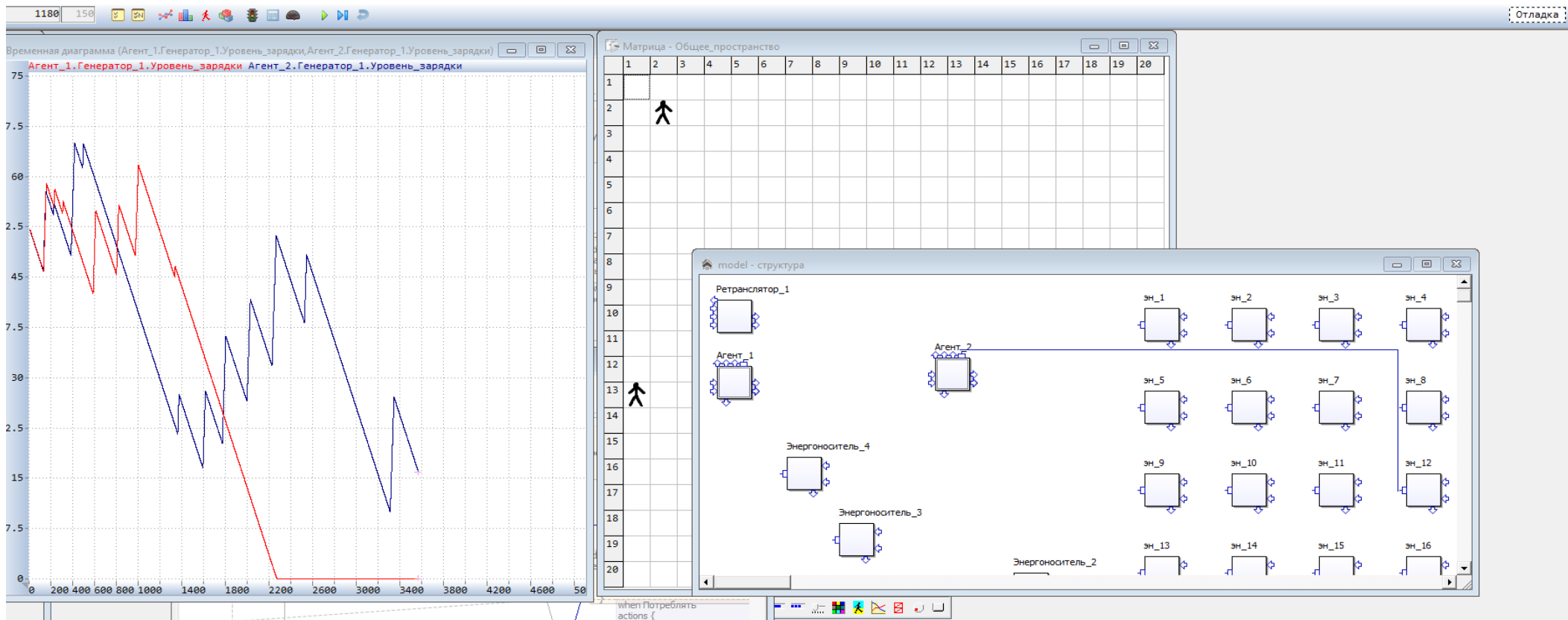


Агент_1.Генератор_1

Идентификатор	0
Индекс_потребности	0
Макс_Объем_потребления	65
Низкий_уровень_заряда	
Остаток_в_источнике	0
Потреблять	
Потребность_удовлетворена	
ПредыдущееЗначение_Энергии	50
Приоритет_потребности	0
Ресурс_закончился	
Скорость_зарядки	2
Скорость_разрядки	0.05
Ссылка_агента	-->Агент_1
Тек_X	16
Тек_Y	14
Тип_рецепта	""
Уровень_зарядки	38.707
Уровень_зарядки'	-0.05
Энергия_в_свой_генератор	17.836







Система отладки

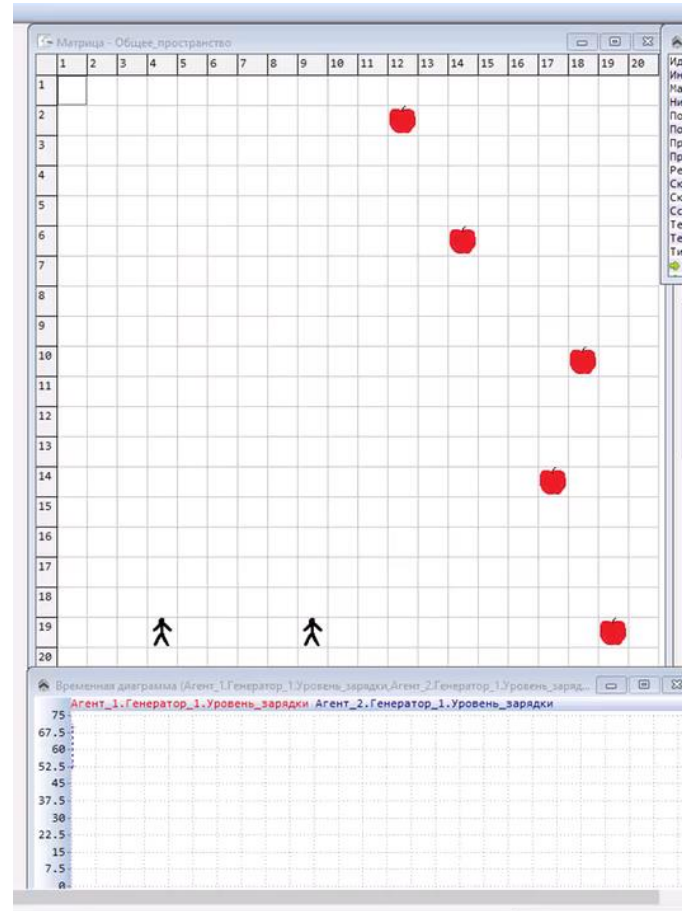
The screenshot displays a complex software interface for debugging a multi-agent system. The main window is titled "Матрица - Области пространства" (Matrix - Areas of space) and features a 20x20 grid. A red apple icon is positioned at (2,3) and another at (17,17). A black arrow cursor points to (4,4) and another to (11,11).

Surrounding the grid are several panels:

- Top-left:** "карта поведения" (behavior map) for agent "s1", showing a single action loop.
- Bottom-left:** "Агент 1: Параметры инфо" (Agent 1: Parameters info) and "карта поведения" (behavior map) for agent 1.
- Bottom-left (table):** A list of agent parameters for "Агент 1".

Идентификатор	2
Индекс_потребности	18
Итог	"да"
Координаты_объекта_поиска	"да"
Координаты_объекта_поиска_I	Нашел
Нашел_для_другого_агента	Нашел_от_БР
Нашел_от_БР	Низкий_уровень_заряда
Низкий_уровень_заряда	Новая_потребность -->Агент_1
Новая_потребность -->Агент_1	Новый_рецепт null
Новый_рецепт	Новый_рецепт1 null
Обнаружить	Передать_энергию
Передать_энергию	Потребовать
Потребовать	Потребность_удовлетворена
Потребность_удовлетворена	Процент_альтруистов 100
Процент_альтруистов	Процент_НП 50
Процент_НП	Реестр_потребностей (-->Агент_1) Ресурс_закончился
Реестр_потребностей (-->Агент_1)	Роль ==
Роль ==	Ссылка_агента -->Агент_1
Ссылка_агента -->Агент_1	Ссылка_Р_потребление null
Ссылка_Р_потребление null	Ссылка_СУ -->Агент_1.Систем
Ссылка_СУ -->Агент_1.Систем	Тек_X 4
Тек_X 4	Тек_Y 4
Тек_Y 4	Текущая_потребность -->Агент_1
Текущая_потребность -->Агент_1	Тип_запроса "Координаты"
Тип_запроса "Координаты"	Тип_потребности "Потребление"
Тип_потребности "Потребление"	Уровень_зарядки 0
Уровень_зарядки 0	Цель_X 17
Цель_X 17	Цель_Y 19
Цель_Y 19	Цель_достигнута
Цель_достигнута	Цель_X 2
Цель_X 2	Цель_Y 2
Цель_Y 2	Что "Энергия"
Что "Энергия"	ЭкзистенциальностьНП "Альтруист"
ЭкзистенциальностьНП "Альтруист"	Энергия_в_мануляторе 0
Энергия_в_мануляторе 0	ЭкзистенциальностьНП "Альтруист"
- Bottom-left (graph):** "Временная диаграмма (Суммарная_Энергия_Энергоносителей)" (Temporal diagram (Summary Energy of Energy Carriers)). The y-axis is labeled "Суммарная_Энергия_Энергоносителей" and ranges from -400 to 100. The x-axis shows time steps from 375 to 925. The graph shows a red line that starts at 100 and gradually decreases to approximately -350 over time.
- Right side:** Multiple panels showing "карта поведения" (behavior maps) and "Структура" (structure) for various agents, including "Агент 2" and "Агент 21".

Помощь и собственная заправка



Возврат в исходную точку

The screenshot displays a simulation window titled "Матрица - Общее пространство". The main area is a 20x20 grid. A black arrow icon representing an agent is positioned at the intersection of row 5 and column 10. There are five red apple icons located at the following grid coordinates: (14, 3), (14, 6), (17, 9), (18, 17), and (18, 19). The grid is bordered by a table with columns numbered 1 to 20 and rows numbered 1 to 20.

On the right side, there is a control panel titled "Начальные установки" (Initial Settings). It contains several sliders and indicators:

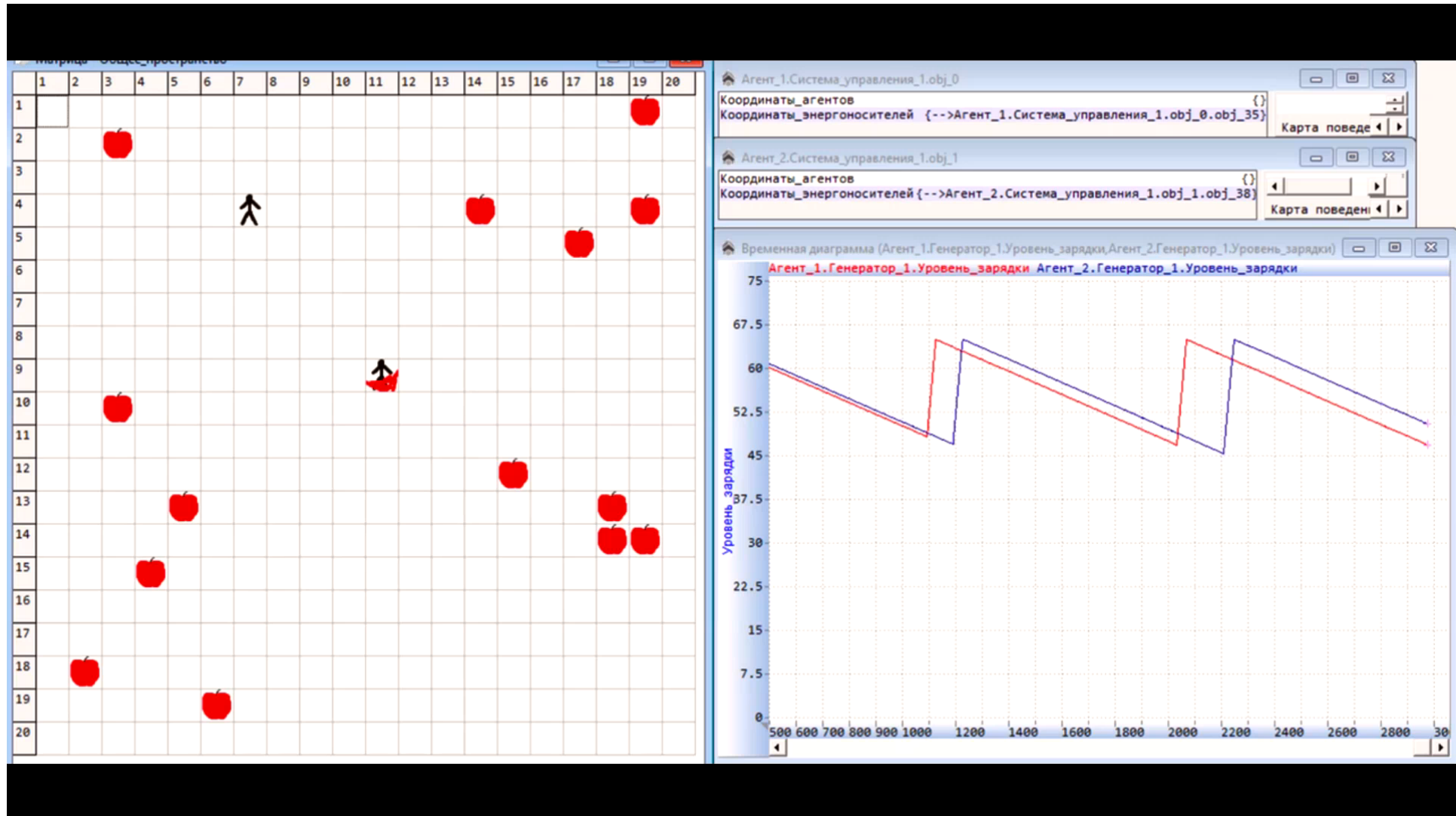
- "Процент НП" (NP Percentage): A slider set to 0.
- "Процент альтруист" (Altruist Percentage): A slider set to 100.
- "Тип агент" (Agent Type): A dropdown menu.
- "Радиус обзора" (View Radius): A slider set to 19.
- "Уровень зарядки" (Charge Level): A slider set to 54.80%.

Возврат

The screenshot displays a software interface with a 20x20 grid and a control panel on the right. The grid is titled "Матрица - Общее пространство" and has columns numbered 1 to 20 and rows numbered 1 to 20. A person icon is positioned at row 5, column 10. There are five red apple icons located at the following coordinates: (14, 3), (14, 6), (17, 10), (18, 17), and (18, 18). The control panel on the right is titled "Начальные установки" and contains several sliders and indicators:

- "Процент НП" (NP Percentage): A slider set to 0.
- "Процент альтруист" (Altruist Percentage): A slider set to 100.
- "Тип агент" (Agent Type): A dropdown menu.
- "Радиус обзора" (View Radius): A slider set to 19.
- "Уровень зарядки" (Charging Level): A slider set to 54.80%.

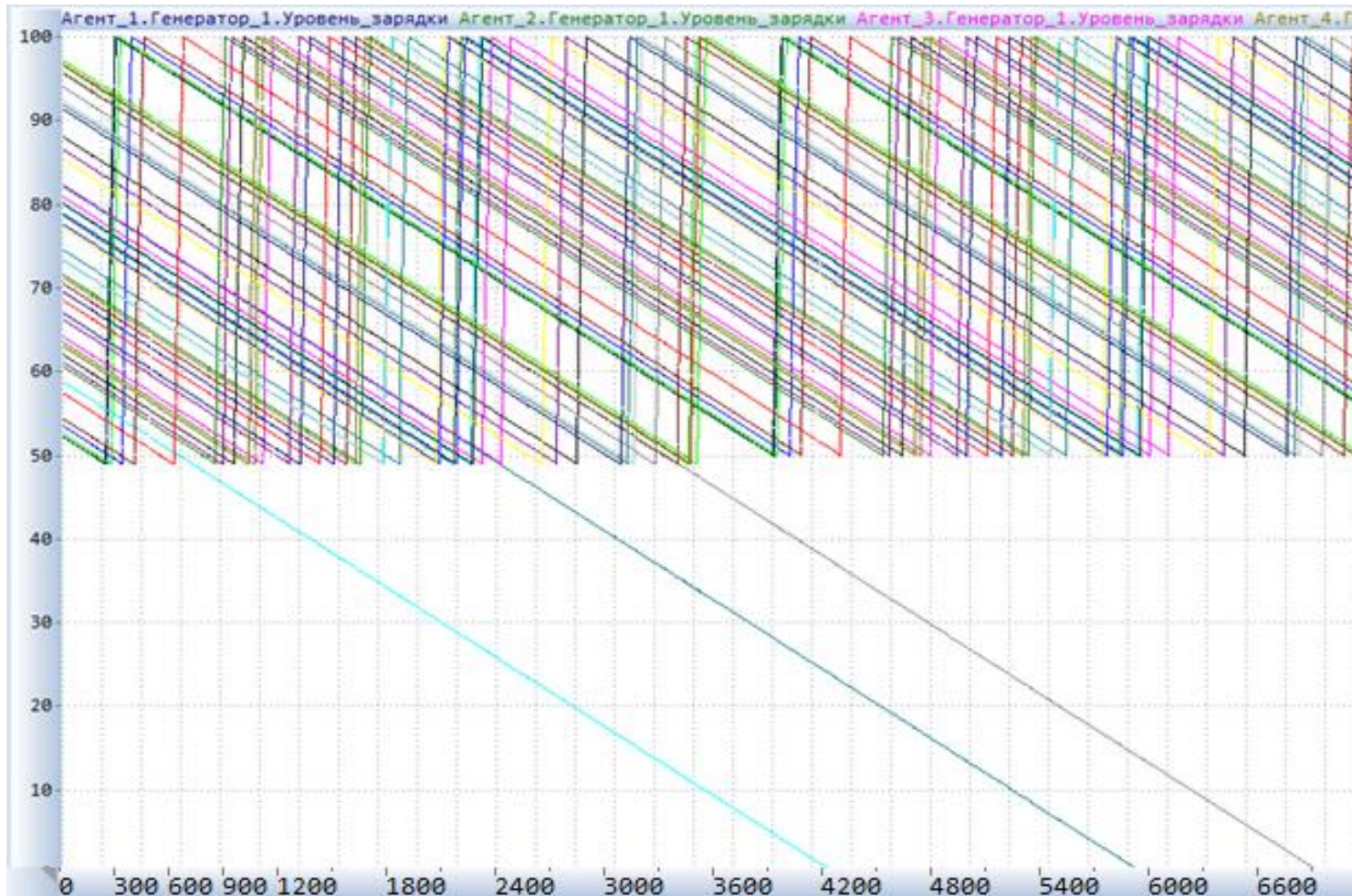
Память агента



Группа агентов-альтруистов



Группа опытных агентов-эгоистов



Выводы

1. Показана эффективность разработки моделей социальных сообществ на базе гибридных автоматов в среде AnyDynamics
2. Определены основы создания библиотеки поведенческих моделей, включающей Базы моделей физических компонент, рецептов реализации потребностей и принятия решений
3. Подтверждена необходимость создания междисциплинарных коллективов разработчиков и пользователей моделей развития социальных сообществ
4. Возможность совместной работы?
5. Организация форума?

Спасибо за внимание!

Контакты:

Клебанов Борис Исаевич

b.i.klebanov@urfu.ru