

УДК 004.896

## **МУЛЬТИАГЕНТНАЯ ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ АНАЛИЗА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ТРУДОУСТРОЙСТВА МОЛОДЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ**

**О.И. Федяев**

**ДВНЗ «Донецкий национальный технический университет»**

**fedyaev@r5.dgtu.donetsk.ua**

*Розроблена агентно-орієнтована модель, яка реалістично відображає поведінку людей і підприємств при пошуку роботи в залежності від соціальних і професійних факторів, делегованих членам штучних товариств моделі державної системи працевлаштування.*

Качественная подготовка и трудоустройство всех выпускников университетов – это одна из самых серьезных проблем любого государства. Успешное решение этой проблемы обеспечивает ритмичное и поступательное развитие экономики страны за счёт использования перспективных молодых кадров, получивших в вузе знания по современным технологиям, а также оптимизирует затраты на образование и минимизирует потери от избытка выпускников и выпускников с низкой квалификацией.

Образованность членов общества во все времена определяла уровень культуры, экономики, политики и военной мощи государства. Поэтому государство на подготовку высококвалифицированных кадров выделяет значительные финансовые ресурсы. Бюджетные деньги распределяются по многочисленным ВУЗам, которые готовят специалистов для удовлетворения региональных потребностей в кадрах. Университет, как центр подготовки молодых специалистов, представляет собой распределённую систему, субъектами которой являются преподаватели и студенты, взаимодействующие в предоставленной ВУЗом учебной среде, оснащённой соответствующим оборудованием. Качество подготовки в основном зависит от следующих факторов: профессионализма преподавателей; подготовленности абитуриентов и системы их отбора; среды обучения (материально-технической базы ВУЗа); стандартов образования (учебные планы и т. п.); системы повышения квалификации преподавателей; организационной структуры управления обучением и трудоустройством выпускников.

С позиции теории управления процесс обучения является динамичным и характеризуется большой инерционностью. Последствия изменения одного из факторов можно узнать только по окончанию обучения студентов, т.е. через 4-6 лет. Поэтому актуальным, как в экономическом, так и в социальном плане, является разработка моделей, позволяющих своевременно оптимизировать затраты на образование и прогнозировать результаты инновационных преобразований в подготовке кадров.

Современные тенденции в инженерном образовании предполагают частое изменение правил получения образования, чтобы своевременно реагировать на

изменение требований рынка. То есть новые образовательные схемы должны в полной мере отвечать быстрым изменениям конъюнктуры рынка. Для выявления узких мест в инновационных образовательных подходах и прогнозирования состояния процесса трудоустройства молодых специалистов необходима такая модель, которая адекватно описывала бы указанные процессы. Однако формально (математически) описать процесс обучения и трудоустройства не представляется возможным. В этом случае целесообразно разрабатывать имитационную модель, которая может с достаточной точностью обеспечить проведение необходимых исследований по этой проблеме. Безусловно, это будет сложная динамическая модель, которая в общем случае должна включать в себя подмодели юридических субъектов макроуровня (министерство образования, ВУЗ, фирмы) и подмодели микроуровня (молодые специалисты-выпускники ВУЗа) (рис.1).

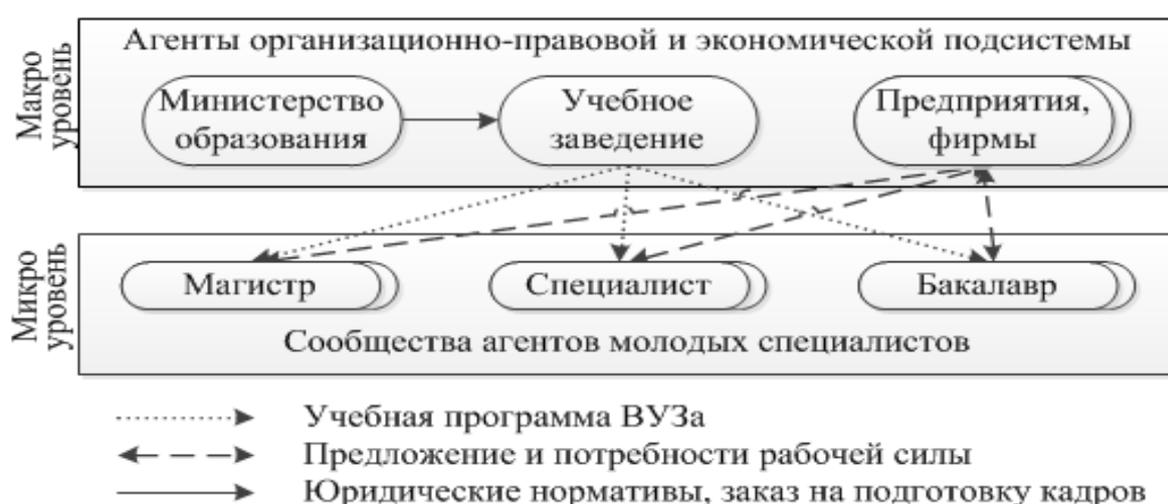


Рисунок 1 – Общая структура агентно-ориентированной модели процессов подготовки молодых специалистов и их трудоустройства

Таким образом, в системе подготовки и трудоустройства молодых специалистов можно выделить следующие элементы: молодые специалисты, учебное заведение, министерство образования и фирмы (предприятия). Перечисленные элементы системы неоднородны по своей структуре, территориально распределены и обладают сложной функциональностью. Все вместе они образуют сложную распределённую систему, в рамках которой решаются следующие задачи:

- определение качественных стандартов и учебных планов, составление ежегодного плана подготовки кадров по специальностям (министерство образования и науки);
- организация эффективного учебного процесса подготовки кадров по профессиям в соответствии с учебными планами, оценка качества профессиональной подготовки (учебное заведение);
- поиск работы на фирме (предприятии), соответствующей полученной квалификации и удовлетворяющей социальным запросам претендентов на работу (выпускники ВУЗов);

– подбор необходимых кадров для решения производственных задач (фирмы).

Перечисленные задачи являются трудно формализуемыми и поэтому не могут быть решены традиционными математическими методами. Кроме того, участники рассматриваемого процесса территориально удалены друг от друга, неоднородны по структуре и их деятельность интеллектуальна по своей природе. Эти особенности обуславливают целесообразность применения теории интеллектуальных агентов к разработке имитационной модели для анализа и управления процессами подготовки кадров и их трудоустройства [1]. При этом возникает сложная, но очень актуальная задача формализации поведения людей на основе принципа ограниченной рациональности, который в настоящее время открывает новые перспективы в создании качественных моделей социально-экономических систем.

Заключительным этапом обучения в ВУЗе является процесс трудоустройства выпускников на фирмы в соответствии с полученной специальностью. Процесс трудоустройства – уникальное событие в жизни каждого человека. В этом процессе одна сторона (фирма) заинтересована в подборе лучших выпускников, обладающих необходимыми для фирмы профессиональными и личностными данными, а другая сторона (выпускник) выбирает фирму по социально-экономической привлекательности (зарплате, условиям труда, возможности профессионального роста и т.д.). Этот процесс является сложным и важным как для его непосредственных участников, так и для государства в целом. Результаты распределения выпускников в соответствии с полученными специальностями, безусловно, можно рассматривать как мерило сбалансированности государственной системы подготовки специалистов, т.е. в какой мере удовлетворяются кадровые потребности хозяйствующих субъектов, как в количестве, так в качестве принятых на работу.

Поэтому целью данной статьи является выявление с помощью моделирования проблем, связанных с оценкой качества подготовки молодых специалистов и их трудоустройством в условиях реального спроса и предложений на рынке труда.

Как известно, приём на работу молодых специалистов осуществляется предприятием или фирмой, исходя из их потребностей в кадрах. Молодой специалист при поиске работы проходит собеседование на фирме и(или) выполняет тестовые задания, по результатам которых соискателя принимают или не принимают на имеющуюся вакансию. В то же время выпускник может отказаться от предлагаемой должности, если его не устраивают предложенные фирмой условия труда, и продолжить поиски. На рис. 2 показан алгоритм, который отражает основную последовательность действий, выполняемых фирмой и выпускником в процессе собеседования.

Фирма при собеседовании даёт выпускнику анкету, в которую он заносит данные о себе и выполняет тестовые задания, после чего фирма оценивает анкету и ответы соискателя. Выпускник в то же время получает информацию о требованиях к соискателям, условиях работы и формирует для себя

субъективную оценку о привлекательности фирмы. После завершения этих процессов фирма и выпускник должны принять общее соглашение о заключении или не заключении трудового договора.

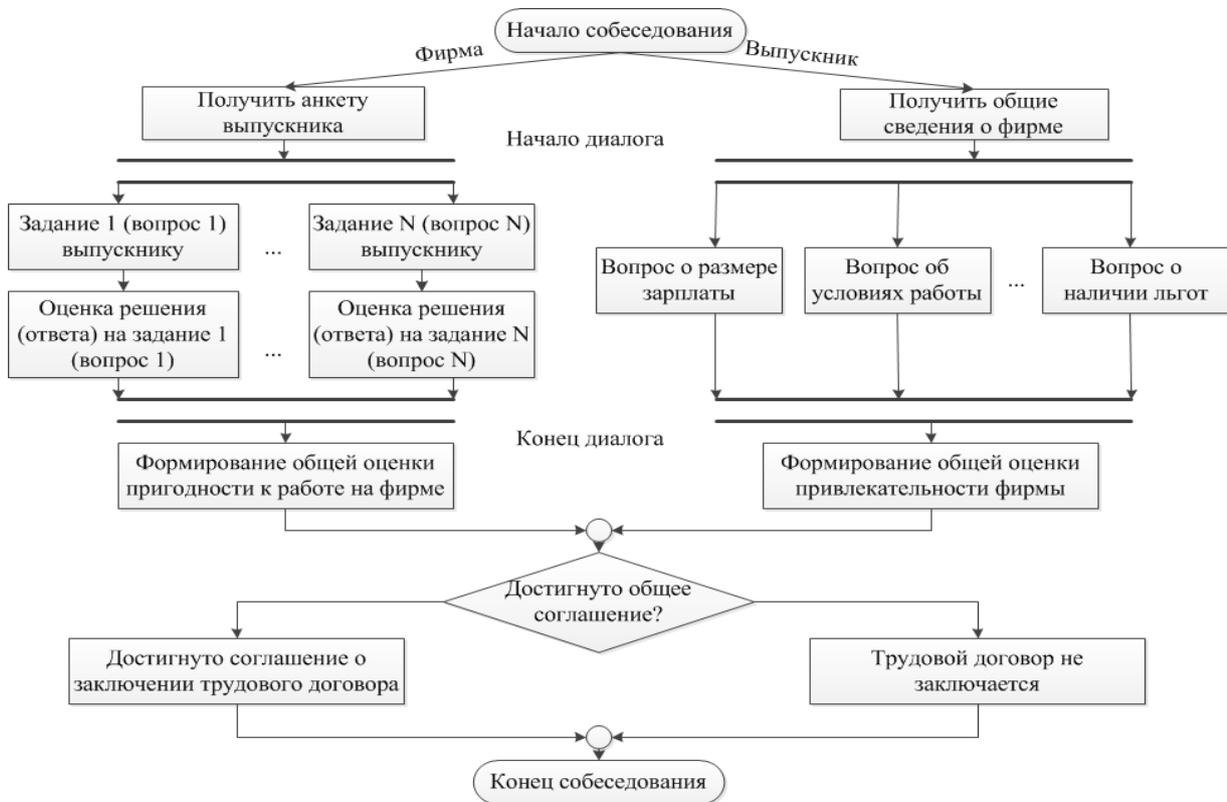


Рисунок – 2. Схема диалога при собеседовании выпускника с представителем фирмы

Исходя из схемы диалога во время собеседования выпускника с представителем фирмы, была построена структура агентно-ориентированной модели (рис.3). Эта модель состоит из двух типов искусственных (программных) агентов: агента фирмы и агента выпускника.

Взаимодействие агентов начинается с того, что агент фирмы рассылает условия заданий всем агентам выпускников. Агенты выпускников решают полученные задания и возвращают свои решения (ответ) фирме, которая прислала им задание. Далее, если агент фирмы принял решение о том, что некоторый агент выпускник удовлетворяет требованиям фирмы, то отправляет ему сообщение с предложением принять участие в конкурсе на имеющуюся вакансию на предлагаемых условиях труда. Если этот агент выпускника побеждает в конкурсе с другими отобранными агентами и его устраивают условия труда на фирме, то заключается трудовой договор. В противном случае трудовой договор между ними не заключается и агент продолжает поиски работы на других фирмах.

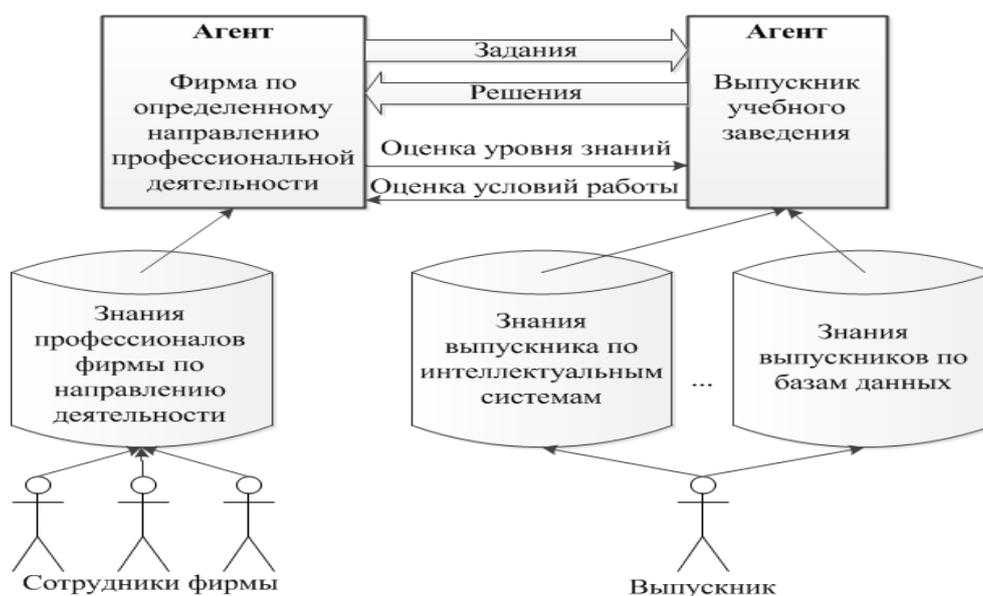


Рисунок – 3. Структура модели собеседования при трудоустройстве выпускника на фирму

При построении искусственных агентов была выбрана нейросетевая архитектура. Поскольку речь идёт об имитации поведения множества людей, то применяемые модели должны иметь возможность обучаться на данных реально проводимых персональных опросов нескольких десятков выпускников и представителей фирм. Нейронные сети, обученные на большом количестве наблюдений, по мнению автора, будут лучше отражать действительность чем, например, экспертные системы, база знаний которых сформирована на основе опроса нескольких экспертов. Как известно, достоинство нейронных сетей состоит в возможности их обучения. Доказано, что нейронная сеть, обладающая необходимыми представляющими свойствами, способна в ходе её обучения выявлять скрытые закономерности и, в конечном счёте, аппроксимировать любую обнаруженную непрерывную функциональную зависимость между входными и выходными переменными. Эти достоинства нейросетей и наличие информации о ролевых действиях сущностей системы трудоустройства позволили успешно использовать нейросетевую архитектуру агентов для реализации передаваемых им интеллектуальных полномочий, не выходящих за рамки ограниченной рациональности. В частности, интеллектуальными задачами, которые решаются нейросетевым способом, являются: оценивание выпускником условий труда на фирме, решение студентом типовых заданий по профилю фирмы, оценивание фирмой ответов выпускника на тестовые задания. С этими задачами успешно справляется трёхслойный персептрон с нелинейной функцией активации. На рис. 4 из ансамбля нейронных сетей, принадлежащих агенту «Выпускник», показана одна, которая настроена на решение тестовых заданий фирмы по её профилю (например, по разработке интеллектуальных систем, баз данных и т.п.).

В качестве примера рассмотрим идею построения обучающего множества для настройки нейросети агента «Выпускник». Для передачи профессиональных навыков от молодого специалиста (источника знаний) к

нейросетевому программному агенту использовались коммуникативные методы извлечения знаний из реальных студентов-выпускников и алгоритм настройки нейросети по стратегии «обучение с учителем».

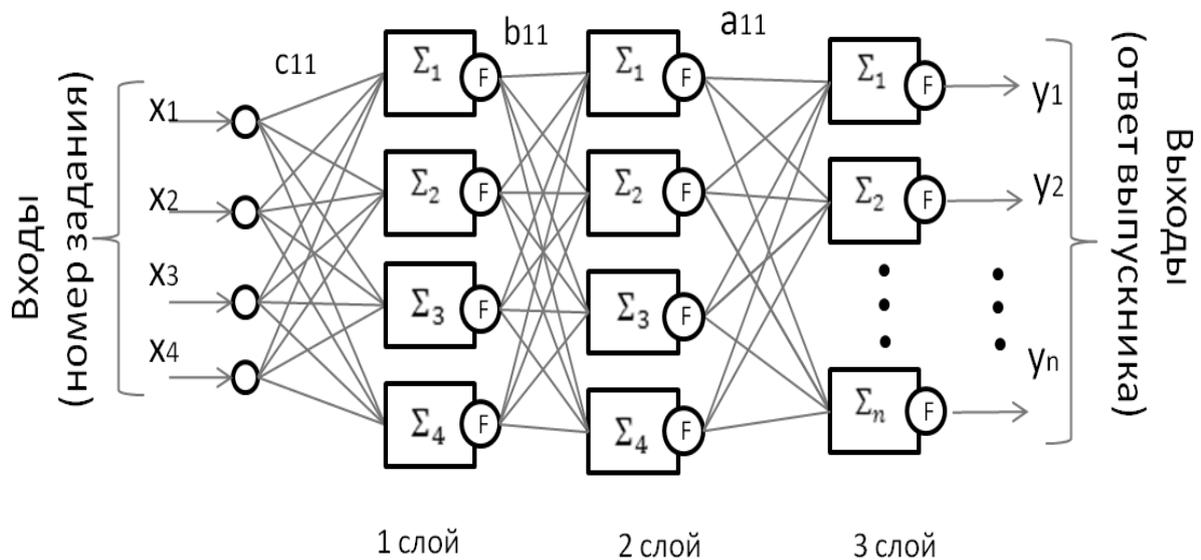


Рисунок 4 – Структура нейронной сети, реализующая определённую ролевую функцию агента “Выпускник”

В качестве входного сигнала нейросети использовался вектор  $X$ , который бинарно кодировал тестовое задание, отправляемое фирмой студенту-выпускнику. Компоненты вектора делятся на две логические части: первая часть кодирует направление профессиональной деятельности фирмы, а вторая часть – определяет конкретное тестовое задание. По коду направления профессиональной деятельности фирмы определяется соответствующая нейросеть из ансамбля нейросетей агента выпускника, которая настроена на решение заданий по данному разделу программной инженерии. Выходным сигналом нейросети является вектор  $Y$ . Его компоненты соответствуют номерам в списках знаний и умений, относящихся к одному из разделов программной инженерии, которые необходимо применить для выполнения контрольного задания. Значения выходных сигналов  $Y$  нейросети варьируются от 0 до 1 и обозначают субъективное мнение выпускника по целесообразности применения того или иного знания и умения в процентах. Чем ближе значение некоторого компонента вектора  $Y$  к 0, тем меньшую роль играет соответствующее знание или умение в решении предложенного задания, и наоборот.

Для извлечения знаний из каждого выпускника были составлены опросные анкеты по каждому разделу программной инженерии (например, «Системы искусственного интеллекта», «Базы данных», «Компьютерная графика», «Компьютерные сети», «Языки программирования» и т. д.), из которых формировались обучающие множества для нейросетей. В анкету входил набор типовых заданий по каждому из намеченных разделов учебного плана специальности и правильные ответы к ним в виде номеров необходимых

знаний и умений из предлагаемого списка для их решения. На рис. 5 показаны некоторые задания, вошедшие в анкету, и схема получения обучающих пар для настройки нейросети агента соискателя.



Рисунок 5 – Схема извлечения знаний для обучения нейронной сети агента выпускника ВУЗа

Многоагентная система моделирования разработана в инструментальной среде MadKit. Архитектура платформы MadKit основана на AGR (Agent/Group/Role) модели, которая базируется на трёх ключевых понятиях: агент, группа и роль. Взаимодействие агентов в MadKit осуществляется с помощью асинхронной передачи сообщений.

Рассмотрим один из экспериментов, посвящённый моделированию процесса трудоустройства выпускников с низким уровнем профессиональной подготовки. В эксперименте запланировано участие 3-х фирм, у которых имеется определённое количество вакансий: первый агент фирмы (company-1) имеет 2 вакансии, второй (company-2) – 4 и третий (company-3) – 1. В качестве кандидатов на работу в этих фирмах запланировано участие 15 выпускников ВУЗа с низким уровнем знаний по профилю данных фирм. Условия труда, которые предлагают фирмы в данном эксперименте, приведены в табл.1.

В целях упрощения анализа результатов моделирования был разработан специальный визуализатор, отображающий на экране дисплея всю динамику процесса конкурсного отбора выпускников при их трудоустройстве.

Разработанный визуализатор также реализован в виде агента и запускается в инструментальной среде MadKit. В главном окне визуализатора представлены все агенты модели и кнопки управления. При нажатии кнопки Load (зеленая стрелка) на экране отображается начальное состояние модели – слева все фирмы в виде иконок-домиков и справа все претенденты (выпускники) в виде иконок-людей. При клике правой кнопкой мышки по любой иконке агента можно открыть окно с информацией о свойствах этого агента. Кнопки Start и Stop (зеленый и красный круг соответственно) устанавливают режим моделирования, т.е. с их помощью можно осуществить моделирование в пошаговом или в автоматическом режиме.

Таблица 1 – Предлагаемые фирмами условия труда

Условия работы	Фирмы		
	Фирма 1 (company-1)	Фирма 2 (company-2)	Фирма 3 (company-3)
Заработная плата, грн.	4408	1927	4991
Количество рабочих часов в неделю	42	48	28
Продолжительность рабочей недели	Пятидневка	Пятидневка	Пятидневка
Необходимо ли ездить в командировки?	Нет	Да	Да
Есть ли возможность удалённой работы?	Нет	Да	Да
Есть ли возможность карьерного роста?	Да	Да	Нет
Предоставляет ли фирма жильё?	Нет	Нет	Да
Фирма является частной или государственной?	Частная	Частная	Частная

Динамика процесса визуализируется с помощью специальных окон (рис.6-9), в которых на каждом шаге моделирования отображается состояние трудоустройства, т.е. сколько и кого уже отобрала каждая фирма, какие выпускники ещё проходят собеседование и т.д.

Анализ динамики процесса трудоустройства, представленной на рис. 6-9 в виде шагов собеседования, показал, что почти все выпускники в первую очередь пошли на фирмы company-3 и company-1, т.к. у этих фирм очень привлекательные условия работы, а в company-2 выпускники пошли в последнюю очередь, т.к. условия работы там хуже. Такое отношение выпускников к фирмам полностью соответствует тем социально-экономическим условиям, которые предлагают фирмы (табл.1).

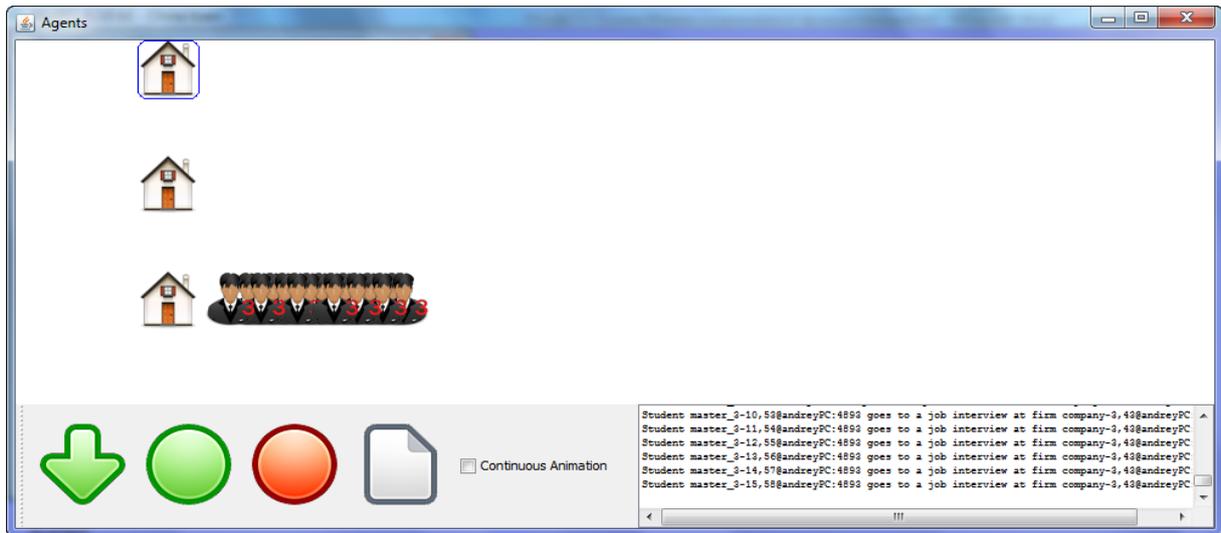


Рисунок 6 – Первый шаг моделирования: собеседование на 3-й фирме

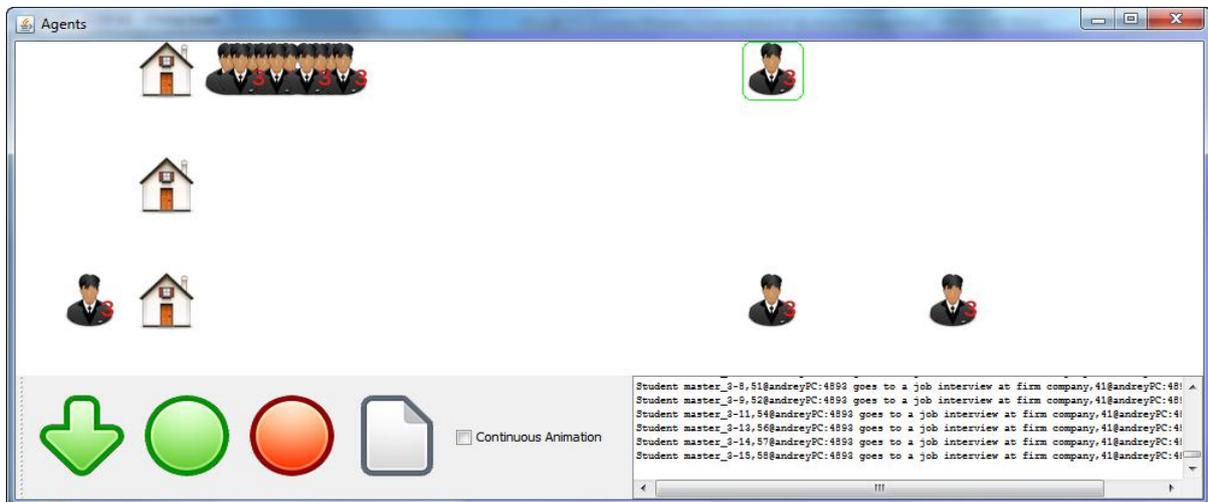


Рисунок 7 – Второй шаг моделирования: собеседование на 1-й фирме

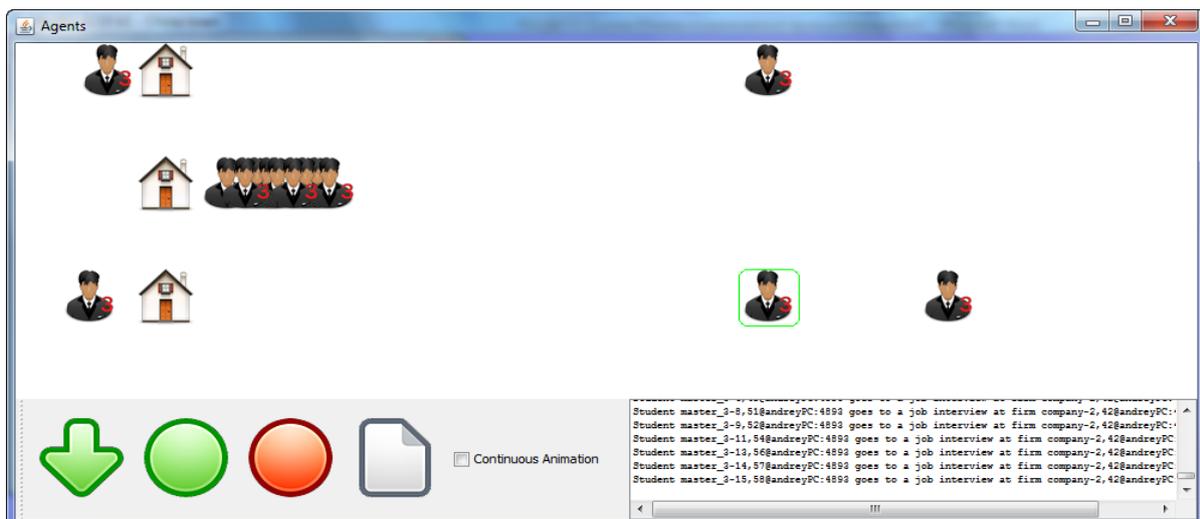


Рисунок 8 – Третий шаг моделирования: собеседование на 2-й фирме

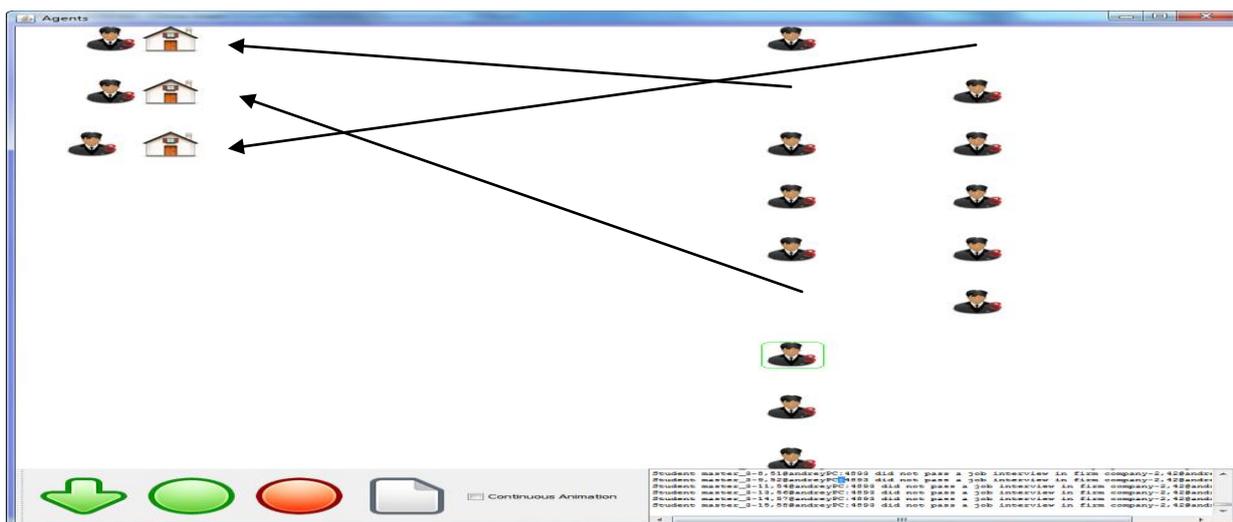


Рисунок 9 – Конечное состояние моделирования

Исходные характеристики агентов и итоги персонального распределения показаны в окне на рис. 10. В окне агента-выпускника, который принят на работу, ставится соответствующая цветовой метка компании, т.е. выпускник master\_3-2 устроился на фирму company-1, master\_3-6 – на фирму company-2, а master\_3-10 – на фирму company-3.

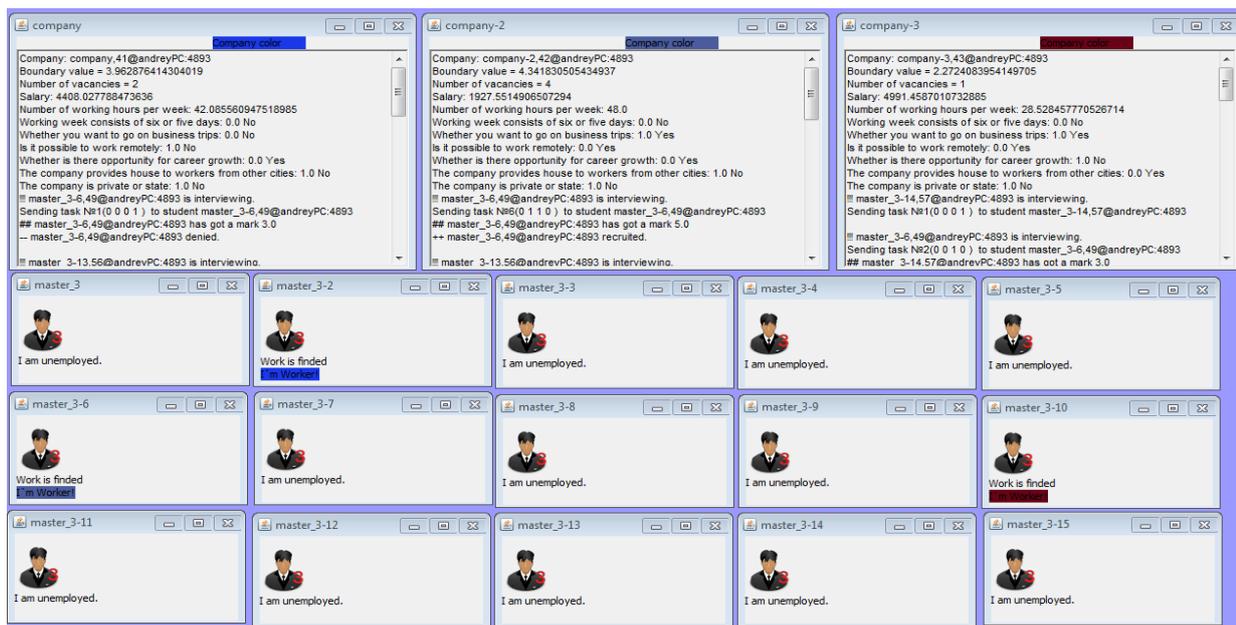


Рисунок 10 – Итоги персонального распределения выпускников

Из 15 выпускников только 3 были приняты на работу. Поскольку агенты остальных выпускников имели средний балл успеваемости на уровне «тройки», то они не могли трудоустроиться на данные фирмы, т.к. их уровень знаний ниже, чем минимальный требуемый на фирмах. Трёх выпускников после того, как их не приняли на хорошую третью фирму, не устроили условия труда на 1-й и 2-й фирмах и поэтому они отказались от участия в собеседовании на этих фирмах.

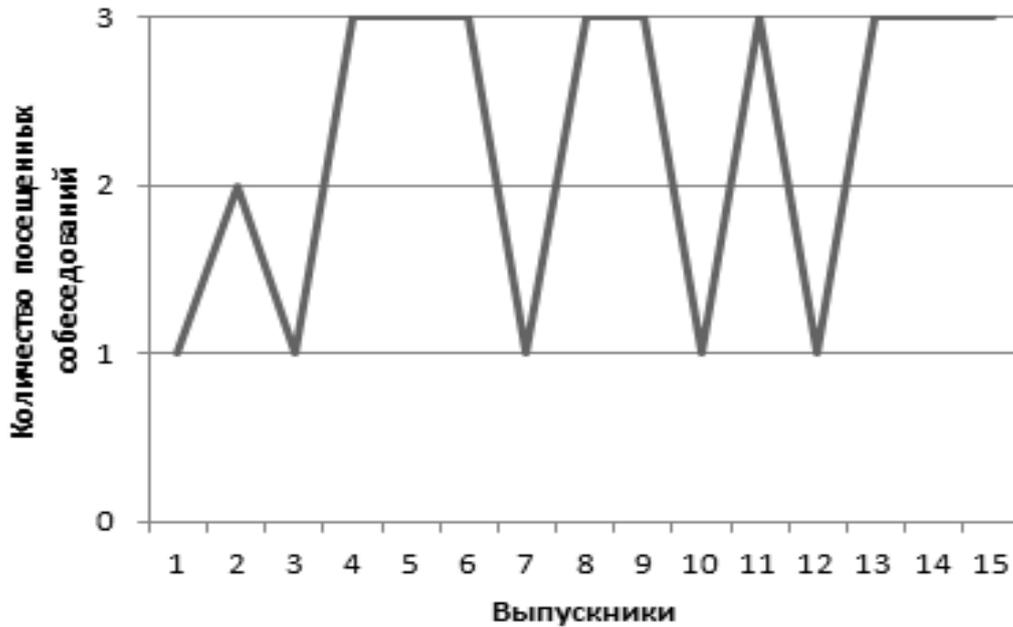


Рисунок 11 – Активность агентов выпускников в конкурсных отборах

На рис. 11 показан график активности агентов выпускников, из которого видно, что всех агентов выпускников, принимающих участие в моделировании, заинтересовали предложения фирм. В итоге 5 студентов посетили одну фирму, 1 студент посетил 2 фирмы, а остальные посетили все 3 фирмы.

С помощью данной модели были проведены и другие эксперименты, соответствующие реальным проблемным ситуациям при трудоустройстве выпускников ВУЗа. Первые исследования показали, что разработанная агентно-ориентированная программная модель системы трудоустройства выпускников работает правдоподобно и может быть использована для анализа определённых проблем подготовки кадров и прогнозирования перспектив в трудоустройстве студентов старших курсов университета.