

## СИСТЕМА МУЛЬТИАГЕНТНОГО АНАЛИЗА ПРОБЛЕМНЫХ СИТУАЦИЙ КАК ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЕ СРЕДСТВО ПРОЦЕДУРЫ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

Новицкая Е.Г.<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, магистр экономических наук, аспирант, navickaya@tut.by

### **Аннотация**

В работе представлена авторская программно-инструментальная реализация «СМАПС» (Система мультиагентного анализа проблемных ситуаций), основанная на методике мультиагентного ситуационного анализа. Данная программная реализация позволяет проводить автоматическую оценку уровня социально-экономического развития административных районов Гродненской области как на основе всей системы показателей, так и по выбору пользователя. Результаты данной оценки могут использоваться для построения сценариев развития и поддержки принятия управленческих решений органами местного управления и самоуправления. В статье рассмотрены основные процедуры, реализуемые в системе «СМАПС», и определены критерии оценки экономической эффективности от внедрения и использования системы.

**Ключевые слова:** система поддержки принятия решений, мультиагентный подход, ситуационный анализ, регион, OLAP, проблемная ситуация.

**Веб:** <http://library.miu.by/journals!/item.science-xxi/issue.5/article.15.html>

**Поступила в редакцию:** 30.06.2016.

## SYSTEM OF MULTIAGENT ANALYSIS OF PROBLEM SITUATIONS AS TOOL OF DECISION-MAKING PROCEDURE

Navitskaya K.<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Yanka Kupala State University of Grodno, Master of Economic sciences, PhD student, navickaya@tut.by

### **Abstract**

The paper presents the author's software implementation «SMAPS», which is based on the method of multi-agent situational analysis. This software implementation allows automatically evaluate the level of socio-economic development of administrative counties of Grodno region on the basis of a whole system of indicators or by the user's choice. The results of this assessment can be used for scenario development and decision support for regional local government. The basic procedures implemented in the system «SMAPS» are described, criteria for assessing the economic efficiency of system's using are defined in the article.

**Keywords:** decision support system, multi-agent approach, situational analysis, region, OLAP, problem situation.

**Web:** <http://library.miu.by/journals!/item.science-xxi/issue.5/article.15.html>

**Received:** 30.06.2016.

## Введение

Принятие управленческих решений в любой сфере деятельности связано с огромной ответственностью. Повышение проработанности и обоснованности управленческих решений может быть достигнуто использованием систем поддержки принятия решений. Однако не все из разработанных методов принятия решений могут быть автоматизированы и реализованы в качестве таких систем. Это связано как со сложностью объектов управления, которыми выступают экономические системы, так и с неопределенностью внешней среды.

Эффективным инструментом управления, в том числе на региональном уровне, является ситуационный анализ. Он предполагает принятие решений в результате детального анализа сложившейся ситуации, определения основных факторов ее развития, изучения динамики показателей и т.д. Исследованиями ситуационного анализа занимались Д.А. Поспелов, А.В. Титов и другие, а его применение на региональном уровне рассмотрено в работах В.А. Геловани и М.М. Решетникова. Применение теории мультиагентных систем к созданию инструмента поддержки принятия решений, а также использование интеллектуальных агентов повышает обоснованность принимаемых решений за счет применения математических методов и снижения эмоциональной составляющей при проведении оценки. Основные положения этой теории рассматривались С. Расселом и П. Норвингом, М. Вулдриджем, Д.А. Поспеловым, В.Б. Тарасовым, В.И. Городецким и др. Ряд исследований посвящен применению мультиагентных систем в экономике в целом (Н.В. Васильев, В.В. Быстров) и в региональных исследованиях в частности (А.Р. Бахтизин, В.М. Глушков, Б.В. Палюх, И.А. Хасаншин, Е.Д. Сушко). Эффективность применения мультиагентной теории для создания систем поддержки принятия решений доказана А. Морозевичем и Б. Железко [1, с. 29]. В исследованиях ученых нераскрытыми остаются вопросы моделирования и автоматизации процедур ситуационного анализа в процессах принятия управленческих решений.

Целью данной работы является создание программно-инструментальной реализации методики мультиагентного ситуационного анализа для обоснования решений по управлению регионом и оценка эффективности ее внедрения и использования.

Актуальность разработки интеллектуальной системы поддержки принятия решений по управлению регионом, интегрированной в единую систему государственного информационного обмена, подтверждается нормативными актами, регулирующими вопросы развития информационного общества и электронного правительства в Республике Беларусь. Использование такой системы позволяет повысить эффективность принимаемых управленческих решений, улучшить информационно-коммуникационный обмен между структурными подразделениями орга-

нов регионального управления, а также автоматизировать процедуру мониторинга социально-экономического развития и формирования отчетов по нему.

## 1. Описание программной реализации

Теоретико-методологической основой для разработки программно-инструментальной реализации «СМАПС» послужила авторская методика мультиагентного ситуационного анализа [2, с. 80], состоящая в разложении процесса на совокупность взаимосвязанных процедур, реализуемых системой взаимодействующих агентов с учетом заранее определенных целей, заданных ограничений, текущего состояния и направленная на определение и оценку возможных изменений в деятельности объекта и поиск эффективного сценария развития текущей ситуации. Пример использования предложенной методики мультиагентного ситуационного анализа в процессах принятия решений по управлению социально-экономическим развитием рассмотрен в [3, с. 39]. Обоснование целесообразности применения мультиагентной теории для инструментальной реализации, а также описание особенности ее использования для управления социально-экономическим развитием региона приведено в [4, с. 218].

В соответствии с подходом, предложенным в [1], было спроектировано несколько версий «СМАПС» (локальная, сетевая, мобильная). Ниже описана локальная программно-инструментальная реализация «СМАПС», которая используется для исследовательских целей и работает с внутренней базой данных (наполняемой вручную), но при этом позволяет демонстрировать основные возможности системы различным категориям специалистов. Программирование описанной версии выполнялось на языке VBA for application в офисном пакете. В будущем имеет смысл проводить пополнение и обновление базы данных в автоматическом режиме. Но сделать это можно при наличии доступа к базе данных, например статистического управления.

Главное меню «СМАПС» содержит пять элементов, соответствующих основным пользователям системы (рисунок 1).

Для каждого типа пользователя в программе заложены сценарии работы, определяемые их функциональными действиями. Основные действия, доступные различным пользователям, представлены на рисунке 2.

Первоначальная настройка системы, которая заключается в формировании структуры базы данных, заполнении базы знаний, включающей систему используемых показателей, модели и методы, онтологию исследуемой области, проводится разработчиком. При необходимости адаптации данной программной реализации под нужды другого объекта управления работы по настройке системы могут проводиться вручную внешним разработчиком.

Администрирование работы системы ведет администратор (конфигуратор). Он вносит коррек-

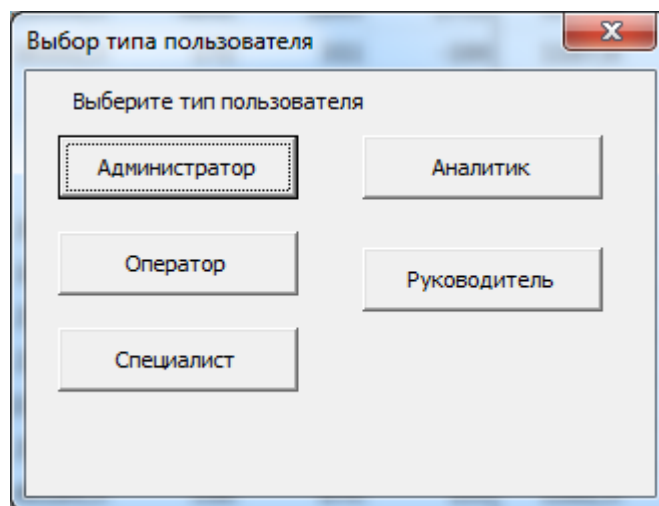


Рисунок 1 – Главное меню программно-инструментальной реализации «СМАПС»

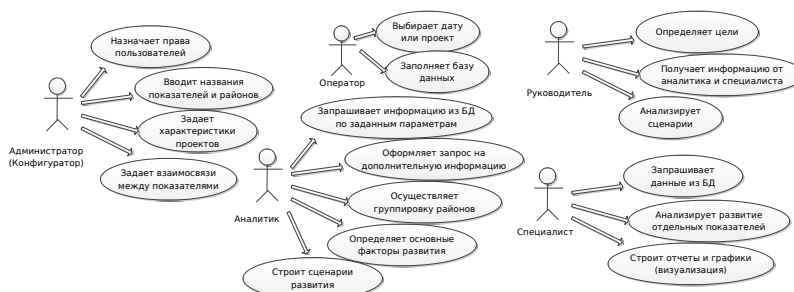


Рисунок 2 – Роли и функции пользователей системы «СМАПС»

тировки в структуру базы данных: уточняет и добавляет объекты, показатели, модели. Если между показателями существуют арифметические взаимосвязи, то они также отражаются конфигуратором. Это позволит в последующем осуществлять арифметический контроль правильности заполнения базы данных или рассчитывать отдельные показатели исходя из функциональной зависимости между признаками. Для обеспечения безопасности работы системы и конфиденциальности данных в дальнейшем рекомендуется определять права доступа в систему для конкретных пользователей. Функцию назначения ролей пользователям (прав доступа к соответствующей роли) в системе также следует поручить конфигуратору. В этом случае главное меню будет предлагать выбрать имя пользователя и ввести пароль, а выбор типа пользователя будет проводиться автоматически.

Необходимым видится отражение в базе данных не только совокупности возникающих ситуаций, но и числовых данных, позволяющих проводить оценку различных проектов. Для этого необходимо предоставить возможность конфигуратору заводить проекты для определенного круга анализируемых объектов, показателей, временных характеристик и т.д.

*Оператор* выполняет функции заполнения базы данных. Данный тип пользователя появляется в системе, в которой отсутствует возможность автома-

тизированного пополнения базы данных. При этом оператору доступны функции заполнения базы данных только в рамках существующей структуры (с заранее определенными показателями и объектами).

Предложенная база данных содержит как историческую часть данных, так и возможность постоянного пополнения новыми данными. Все показатели представлены в числовой форме. Ввод данных может производиться по годам и районам (при необходимости актуализации данных на новую дату) или по показателю (например, при добавлении нового показателя в базу данных). Пример рабочего окна оператора представлен на рисунке 3 а.

В первом случае система предлагает выбрать районы, для которых будет производиться ввод данных (возможно, в систему будут загружены данные только по одному району), и ввести дату (автоматически предлагается дата, соответствующая последней заполненной, увеличенной на один период). Для заполнения последовательно приводятся названия показателей, а полученные значения вносятся в новую строку в исходной таблице. Во втором случае данные вводятся в столбец, соответствующий выбранной переменной для указанных районов и периодов.

Функции *аналитика* и *специалиста* во многом похожи. Основная разница заключается в решаемых задачах. Специалист в основном работает со стан-

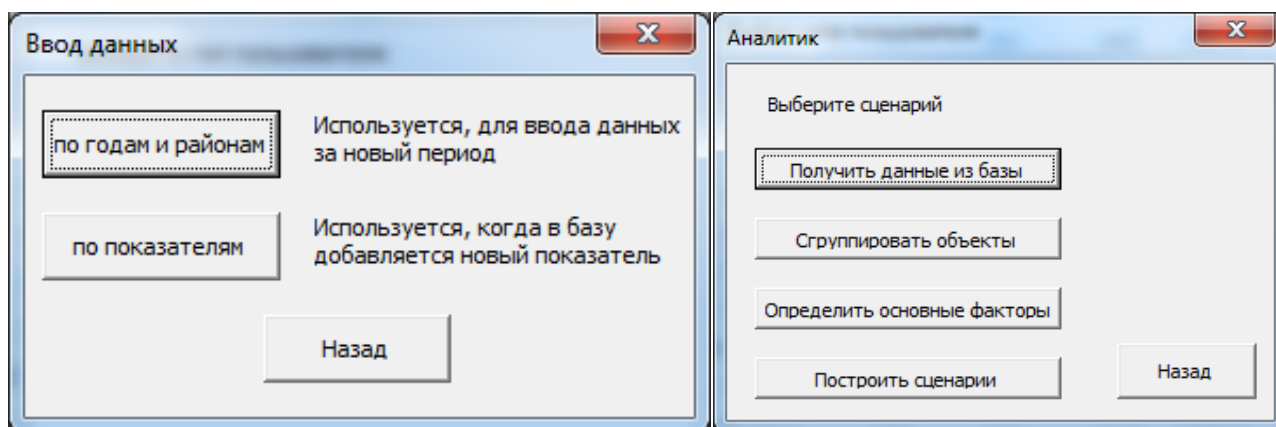


Рисунок 3 – Примеры рабочего окна: а) для оператора и б) для аналитика

дартными задачами, а целью его работы является текущий мониторинг, анализ развития отдельных факторов и подготовка отчетов руководству. Аналитик же занимается комплексным анализом, направленным на оценку текущей ситуации, выявлением главных факторов развития, построением сценариев и прогнозов. Пример рабочего окна аналитика приведен на рисунке 3 б.

Аналитик может работать как с целой базой данных, так и с выбранной по определенным параметрам (отдельные районы, показатели, периоды). При отборе показателей пользователь может также задать необходимость нормирования показателей или представление их в сопоставимых ценах. Приведение стоимостных показателей к сопоставимому виду осуществляется с использованием индекса потребительских цен. Нормирование может производиться по одной из нескольких методик.

Группировка районов может производиться по правилам четкой и нечеткой кластеризации. В первом случае пользователь получает указание на номер кластера, к которому принадлежит каждый из выбранных районов. Во втором – степень принадлежности района каждому из кластеров. Пользователь самостоятельно задает количество кластеров, на которое необходимо разбить всю совокупность. Остальные параметры (такие как параметр остановки алгоритма и экспоненциальный вес) заданы разработчиком.

Специалист работает с отдельными данными, выбранными по заданным параметрам. В данном случае используется многомерный анализ на основе OLAP-технологии. В дополнение к нему используются средства визуализации, такие как построение графиков и диаграмм, а также расчет параметров различия (методы анализа рядов динамики, вариационных рядов, аналитическое выравнивание и построение уравнения линейной регрессии).

Роль *руководителя* заключается в постановке цели, которая в будущем будет являться основой для выбора подходящего сценария, получении и анализе отчетов, подготовленных как подчиненными, так и

самой системой, а также в дополнительном анализе предложенных сценариев, определении предпочтений и т.д.

Использование системы поддержки принятия решений на базе разработанной системы «СМАПС» не только позволяет организовать мониторинг показателей социально-экономического развития региона, но и создает возможности для моделирования процессов экономического роста, их прогнозирования и разработки мероприятий и стратегий по их дальнейшему развитию и совершенствованию. Кроме того, такая система обладает преимуществом, связанным с наличием полного цикла управления, закрепленного в характеристике системы, так как содержит положения планирования, организации и контроля исполнения решений.

## 2. Оценка эффективности системы «СМАПС»

Для оценки экономической эффективности разработанной программно-инструментальной реализации использовался метод измерения окупаемости IDC [5, с. 7], который заключается в расчете рентабельности программного обеспечения путем соотношения основных выгод (производственная экономия, производительность труда пользователей, дополнительный доход и снижение затрат) и размера вложений.

Выгоды от внедрения и использования системы заключаются в первую очередь в снижении нагрузки на специалистов-аналитиков и повышении их производительности труда. Количественно оценить годовую экономию можно путем расчета высвобожденного времени специалиста за счет замены ручной обработки информации на автоматизированную с учетом среднечасовой заработной платы аналитика. На построение рейтинга районов Гродненской области по совокупности выбранных показателей в ручном режиме потребовалось 120 минут, с применением «СМАПС» – 2 минуты, но дополнительно 15 минут ушло на ознакомление с системой. Так как в системе представлен только ограниченный набор показателей и методов анализа, ее использование 10 раз в

месяц за год позволит сэкономить порядка 235,75 человеко-часа. Среднечасовая заработная плата по Гродненской области в апреле 2016 года составила 36 409 руб. (3 руб. 64 коп.) [6]. Годовая экономия в стоимостном выражении составит 8 583 421 руб. (858 руб. 34 коп.).

Вторая составляющая эффекта от внедрения предложенной системы состоит в дополнительном доходе, который проявляется в лучших показателях социально-экономического развития. Они объясняются принятием более продуманных управленческих решений и разработанных сценариев. Однако провести количественную оценку этого эффекта не представляется возможным.

Затраты на установку включают в себя в основном стоимость программного обеспечения на правах собственности. Капитальные затраты по приобретению компьютера включать не имеет смысла, так как данное программное обеспечение не требует отдельного дополнительного компьютера и может быть установлено на любой технике. Стоимость программно-инструментальной реализации «СМАПС» оценена исходя из количества часов на его разработку (4 недели, или 160 часов) и составляет 8 537 800 руб. (853 руб. 78 коп.) (на основе данных о среднемесячной заработной плате в сфере деятельности «научные исследования и разработки» [6]). Таким образом, период окупаемости составит 1 год без учета дополнительного дохода от использования системы.

### Заключение

Автором разработана система «СМАПС», которая позволяет автоматизировать большинство этапов процесса ситуационного анализа. Системой «СМАПС» предусмотрено использование пяти типов пользователей с различной функциональностью. В информационной системе имеется возможность обрабатывать совокупность исходных данных как по одному, так и по множеству критериев, формировать кластеры объектов (четкие и нечеткие), представлять обработанную информацию в виде отчетов и графиков, а также получать новые знания об экономическом развитии на основе выявления основных факторов развития, о построении прогнозов их поведения и разработки сценариев экономического роста.

Экономическая эффективность от внедрения и использования системы оценивалась в виде расчетного периода окупаемости, который составил 1 год. Ее использование позволяет обеспечить руководство региона современным инструментом мониторинга и поддержки принятия управленческих решений.

В будущем рекомендуется включить программу в информационную систему органов местного управления и самоуправления, обеспечить возможность доступа к ней по сети из любого района, а также автоматизировать процедуру заполнения базы данных.

### ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Morozevich, A.N. Personal multi-agent systems of decision making support [Electronic resource] / A.N. Morozevich, B.A. Zhelezko, E.S. Basova // *New Information Technologies in Education*. – Mode of access: [http://sedok.narod.ru/s\\_files/b\\_200802\\_3.zip](http://sedok.narod.ru/s_files/b_200802_3.zip). – Date of access: 12.03.2014.
2. Новицкая, Е.Г. Теоретические основы мультиагентного ситуационного анализа / Е.Г. Новицкая // *Актуальные проблемы науки XXI века : сб. науч. ст. молодых ученых*. – Минск, 2013. – С. 80–85.  
Novitskaya, Ye.G. Teoreticheskiye osnovy mul'tiagentnogo situatsionnogo analiza / Ye.G. Novitskaya // *Aktual'nyye problemy nauki XXI veka : sb. nauch. st. molodykh uchenykh*. – Minsk: 2013. – P. 80–85.
3. Zhalezka, B. Multy-criteria fuzzy analysis of regional development / B. Zhalezka, K. Navitskaya // *ECONTECHMOD: an international quarterly journal*. – 2015. – Vol. 4, iss. 3. – P. 39–46.
4. Navitskaya, E.G. Multi-agent decision support system for management of regional socio-economic development / E.G. Navitskaya // *Наука и образование в современном мире : материалы междунар. науч.-практ. конф., Караганды, 21–22 февр. 2014*. – Караганды : РИО «Болашак-Баспа», 2014. – Т. 3. – С. 218–221.  
Navitskaya, E.G. Multi-agent decision support system for management of regional socio-economic development / E.G. Navitskaya // *Nauka i obrazovaniye v sovremennom mire : materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf., Karagandy, 21–22 fevr. 2014*. – Karagandy: RIO «Bolashak-Baspa», 2014. – Т. 3. – P. 218–221.
5. Ткалич, Т.А. Экономическая эффективность информационных систем / Т.А. Ткалич, Б.А. Железко, О.А. Сосновский. – Минск: БГЭУ, 2014. – 101 с.  
Tklich, T.A. Ekonomicheskaya effektivnost' informatsionnykh sistem / T.A. Tklich, B.A. Zhelezko, O.A. Sosnovskiy. – Minsk: BGEU, 2014. – 101 p.
6. Начисленная среднемесячная заработная плата работников Республики Беларусь по областям и г. Минску [Электронный ресурс] // Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – Режим доступа: [http://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/solialnaya-sfera/trud/operativnaya-informatsiya\\_8/o-nachislennoi-srednei-zarabotnoi-plate-rabotnikov/v-marte-2016-g/](http://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/solialnaya-sfera/trud/operativnaya-informatsiya_8/o-nachislennoi-srednei-zarabotnoi-plate-rabotnikov/v-marte-2016-g/). – Дата доступа: 20.06.2016.  
Nachislennaya srednemesyachnaya zarabotnaya plata rabotnikov Respubliki Belarus' po ob-lastyam i g. Minsku [Electronic resource] // *Natsional'nyy statisticheskiy komitet Respubliki Belarus'*. – Mode of access: [http://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/solialnaya-sfera/trud/operativnaya-informatsiya\\_8/o-nachislennoi-srednei-zarabotnoi-plate-rabotnikov/v-marte-2016-g/](http://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/solialnaya-sfera/trud/operativnaya-informatsiya_8/o-nachislennoi-srednei-zarabotnoi-plate-rabotnikov/v-marte-2016-g/). – Date of access: 20.06.2016.