

1.3. СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ЗАБОЛЕВАНИЙ В РЕГИОНАЛЬНОМ РАЗРЕЗЕ

Машкова А.Л. – к.т.н., доцент ОГУ им. Тургенева, Милкова М.А. – н.с. ЦЭМИ РАН, Неволин И.В. – к.э.н., в.н.с. ЦЭМИ РАН

Предлагается концепция информационной системы для анализа последствий принимаемых решений. Описание содержит общую логику построения системы, структуру базы данных, анализ доступной информации для наполнения модели. Потребность в системах подобного рода объясняется размерностью задач планирования и взаимодействием множества факторов. В качестве контекста построения системы выбрано распространение анемии и регулирование пищевой промышленности.

Введение

Системный анализ социально-экономических процессов осложняется обилием связей между разнообразными по своей сути факторами. Пока предмет состоит из одного-двух объектов, и модель их взаимодействия ограничивается параметрами одной природы – например, при анализе финансового состояния двух конкурирующих фирм, – зачастую удаётся найти аналитическое решение задачи, которое позволяет получить количественную оценку без необходимости в численном моделировании. Однако при увеличении количества объектов и наблюдении факторов различной природы человеку становится непросто отслеживать согласованное изменение величин в модели. К подобным ситуациям относится анализ последствий экономических решений в социальной сфере или более конкретно – в сфере здравоохранения, которую затрагивает данная работа.

Предположим, государство меняет правила медицинского страхования, корректирует экологические требования или устанавливает специальный налоговый режим, например, для производителей пищевых добавок – и эти нововведения находят отражение в доступности товаров и услуг, в появлении/исчезновении новых предприятий, в изменении уровня благосостояния, в распространении отдельных видов заболеваний. Имея различные начальные условия в регионах по перечисленным выше параметрам, государство столкнётся с различной динамикой отдельных индикаторов в региональном разрезе: не только в части темпов изменения, но даже в направлении тренда. Изменения проявляются на разных субъектах – фирмах и гражданах, в различных сферах – экономике и здравоохранении, различных территориях – регионах и типах населённых пунктов. И эти изменения описываются множеством индикаторов, часть из которых не являются экономическими по своей сути. Описание сущностей, индикаторов и связей между ними – уже кропотливая работа, не говоря об исследовании их согласованного изменения во времени. Если учесть, что нормативным регулированием занимаются государственные ведомства, действующие в жёстких рамках процедур взаимодействия, а их сотрудникам приходится одновременно заниматься множеством вопросов, то принятие системных решений кажется практически нереализуемым. Слишком много этапов согласования должны проходить решения, и слишком поверхностным оказывается рассмотрение конкретных вопросов без дополнительной техники для систематизации данных. Специальные инструменты, которые позволяют, с одной стороны, сводить воедино различные требования для выработки управляющего воздействия и, с другой стороны, оценить эффект от предлагаемых мер, могли бы стать частью процедуры принятия системных решений.

Агентно-ориентированное моделирование (АОМ) – известный инструмент для изучения влияния новых правил в социально-экономических системах. Важно, что агентами в модели являются необязательно люди – это могут быть фирмы, государственные учреждения, транспортные средства и другие объекты (Makarov et al, 2017). Агентное моделирование позволяет проводить анализ сценариев. Этот анализ ограничен набором параметров модели. Таким образом, лица, принимающие решения, получают инструмент для оценки перспективных преобразований и их влияния на общество. Рассмотрим систему регуляторов и производителей на продовольственном рынке, а также на примере граждан с характеристиками здоровья. Каждый из этих агентов ведёт себя согласно определенным стимулам. Правительство выпускает регулирующие документы, а остальные агенты следуют правилам производства и потребления товаров, чтобы максимизировать прибыль и удовлетворение от потребления продуктов. Со стороны предложения основными показателями являются цена, качество продуктов питания и количество производителей. На уровне агентов-индивидов внимание уделяется диете. Последняя зависит от наличия продуктов, а также от моделей потребления: имеют значение кулинарные традиции, религиозные предпочтения, информация о здоровом питании и т.д. Показано, что окружение индивида, как и его доход, в значительной степени влияет

на потребление (Kamphuis et al, 2006)¹. Следовательно, имея данные о ключевых параметрах агентов, можно формализовать динамику спроса.

В простейшем случае предприятия на продовольственном рынке сталкиваются с конкуренцией за каналы сбыта (место на прилавках ограничено) и действуют в условиях ограничений – организационных (санитарные правила и налоговое законодательство) и естественных (природные закономерности выращивания продукции, её хранения и переработки).

В базовой постановке, когда присутствуют агенты-потребители, агенты-производители и государство, которое устанавливает правила игры, можно исследовать влияние последних на распространение отдельных заболеваний. Профилактика некоторых из них реализуется питанием. В этой связи непосредственное регулирование производителей продовольствия (и нормы потребления питательных веществ) косвенно влияют на динамику очагов заболеваний. Так, банкротство производителей того или иного продукта может создать определённый дефицит продовольствия нужного качества (при неспособности конкурентов нарастить сбыт для удовлетворения потребителей в прежней степени) и, как следствие, сместить баланс микроэлементов, поступающих в организм вместе с пищей. Продемонстрируем основные этапы в построении модели для анализа сценариев регулирования на примере продовольствия и анемии.

Характеристика предметной области

Анемия, согласно Всемирной организации здравоохранения, является состоянием с концентрацией красных кровяных телец или гемоглобина в крови ниже нормы². Она проявляется через ухудшение общего самочувствия организма – головокружение, слабость, одышка – и, по некоторым данным, является причиной снижения качества жизни и распознаётся как один из факторов увеличения смертности. Одной из важнейших причин является дефицит железа в организме. Незаменимый микроэлемент, железо, необходимо для поддержания структуры и функций клеток в организме, а также является компонентом таких белков, как гемоглобин, который жизненно важен для транспортировки кислорода в ткани организма (Hlatswayo BPS, Ntshangase S and de Villiers, 2016). Дефицит железа в детстве зачастую является следствием недостаточного питания, обусловленного постоянным отрицательным балансом железа, на который влияют потребление и усвоение железа: недостаточное потребление его с пищей, повышенная потребность в железе в период роста, а также потеря крови из-за кровотечений, малярии и гельминтов (WHO, 2011). Экспериментальные и эпидемиологические данные свидетельствуют о том, что, хотя нарушения могут возникать на ранних этапах жизни, они могут быть обратимыми благодаря вмешательству систем здравоохранения, которые направлены на разнообразие рациона продуктами, богатыми микро- и макроэлементами и витаминами, а также на обогащение основных продуктов питания микроэлементами и биодобавками (DeMaeyer, Dallman, Gurney et al. 1989).

Явная связь между заболеванием и питанием позволяет совместно исследовать вопросы здравоохранения и отраслевого развития. Так, экономические решения способны повлиять на доступность продуктов определённого качества и, как следствие, замедлить или ускорить динамику распространения заболевания. Множественность факторов естественным образом поднимает вопрос о компьютерном моделировании для сценарного анализа регуляторных воздействий. Структура системы определяется действующими лицами – агентами, поведение которых опирается на имеющиеся базы данных.

Агент-ориентированный подход

За последние сорок лет агент-ориентированное моделирование (АОМ) становится все более популярным подходом для изучения социальных систем. В то время, как его использование в сфере здравоохранения находится в зачаточном состоянии. Уже разработаны модели в таких разных областях, как эпидемиология, незаконный оборот лекарственных средств и физическая активность. В государственном здравоохранении моделирование на основе агентов исторически использовалось почти исключительно для моделирования передачи инфекционных заболеваний и борьбы с ними. АОМ являются естественным подходом для моделирования передачи инфекционных заболеваний, потому что взаимодействия между индивидами и влияние окружающей среды часто приводят к популяционным моделям заболеваемости.

Что касается вопросов политики, можно отметить модели, которые исследуют распространение информации и эффективность профилактических мер (Barbrook-Johnson et. al., 2016) или систем питания (Li et. al., 2016). В (Barbrook-Johnson et. al., 2016) описана АОМ, в которой агенты (люди) реагируют на коммуникационные сообщения в соответствии с их собственным отношением. Связь между агентами осуществляется в виде набора «сообщений». Каждое сообщение состоит из заранее определенных вариантов выбора в течение промежутка времени (например, каждые 10 дней), предполагает нацеленность на аудиторию (медиаканал и группа населения) и контент. Агенты отвечают на полученные сообщ-

¹ В литературе особое место занимает вопрос потребления овощей и фруктов, поскольку их связывают с уменьшением риска некоторых заболеваний. Поэтому исследования паттернов потребления часто проводятся именно на этой категории продуктов – овощах и фруктах. Будем предполагать, однако, что доход и окружение влияют на рацион в целом.

² https://www.who.int/health-topics/anaemia#tab=tab_1

щения в соответствии с их содержанием, которое может принимать следующие значения: описание преимуществ; предоставление информации об эпидемическом статусе; акцентирование норм. Таким образом, сообщение влияет на принятие решения и выбор поведения, изменяя факторы принятия решения.

В (Li et. al., 2016) авторы пытаются ответить на вопрос, может ли гипотетическая кампания в средствах массовой информации и просвещении по вопросам питания привести к увеличению потребления фруктов и овощей в Нью-Йорке. Предыдущие исследования показали, что такие факторы, как социальный статус, благосостояние, местные пищевые привычки и социальные факторы (например, социальные нормы), напрямую связаны с потреблением фруктов и овощей (например, Glanz et.al., 2005; Rose, Richards, 2004). Традиционные статистические модели имеют ограниченную способность прогнозировать пищевое поведение, потому что они не в полной мере отражают сложные взаимодействия между людьми и распространяются только на эффекты, вызванные этими взаимодействиями. Для решения комплексных проблем привлекается агент-ориентированная модель (АОМ), которая учитывает индивидуальные факторы (например, возраст, пол, образование, пищевая среда), а также соседство с другими агентами, их взаимодействие для прогнозирования пищевых пристрастий на замкнутой территории.

АОМ также можно использовать, анализируя поведение потребителя в контексте конкуренции за его внимание. В случае с питанием поведение может заключаться в выборе между здоровой и нездоровой пищей. В (Lamjed et. al., 2001) авторы предлагают программное обеспечение для моделирования поведения потребителей на конкурентном рынке с несколькими брендами. Программа генерирует виртуальное население, которое воспроизводит реальные решения о покупке.

Структура модели

Ядро описываемой модели составляют агенты следующих типов: государство, производители продуктов питания, потребители. Отслеживаемыми параметрами являются: общее состояние экономики (в том числе, благосостояние населения), демографические показатели, динамика производства и распространения продуктов питания, правила ведения бизнеса и нормативы пищевой промышленности, установленные государством. Искомая переменная – количество граждан, подверженных высокому риску диагностирования анемии.

Пользователь системы моделирует действия агента-государства – устанавливает значения параметров экономики. Базовые из них – налоговые ставки и льготы, ограничение цен на продукты питания и наценок торговых агентов, рекомендуемый рацион в образовательных учреждениях, общий сценарий развития экономики (в обобщённом виде через темп роста). Эти параметры неизбежно влияют на выживаемость производителей, на благосостояние населения, определяя, в конечном итоге, баланс спроса и предложения. Соответствие объёма потребления известным нормам – содержание микроэлементов в пище известно – позволяет оценить вероятность развития анемии. Общая логика взаимодействия различных сущностей внутри модели изображена на Рисунке 1.



Рисунок 1. Сущности модели и связи между ними.

Агенты-предприятия

Агенты-предприятия оценивают собственную финансовую модель, принимая решение – остаться на рынке или прекратить деятельность. Примером модели для оценки выживаемости предприятий является работа (Грачев, Ноакк, 2011). Модель описывает совместную динамику рынков и развивает теорию самосогласованного поля в экономике. Ключевым её достоинством для агентной модели в контексте динамики производства является эндогенное формирование границы отсечения – чувствует ли фирма себя в среднем лучше или хуже рынка. Соответственно, положение фирмы непосредственно влияет на её привлекательность перед потенциальными кредиторами и, таким образом, на её выживаемость. Натуральный выпуск отдельных продуктов питания в годовом разрезе доступен из официальной

статистики, и анализ потребления микроэлементов требует именно этого измерения. Но выживаемость предприятий – оценка потенциала производителей – требует финансового анализа на микроуровне (физические ограничения пока игнорируются). Подходящим для этого источником информации служит информационная система СПАРК-Интерфакс. И именно её данные – бухгалтерская отчётность – позволяет построить приближённое распределение валового выпуска по предприятиям и по регионам (коды отраслей и специализация предприятий присутствуют в СПАРК). Однако разнесение общего выпуска продукта по отдельным агентам – не единственная трудность. Отчётность в СПАРК фрагментарна, и выборка предприятий – 9 183 юридических лица – содержит как пропущенные данные, так и выбросы. Распределения по выручке и по основным средствам имеют всплески после 1 млрд. руб. (см. Рисунок 2), хотя в последнем случае выброс не является таким существенным.

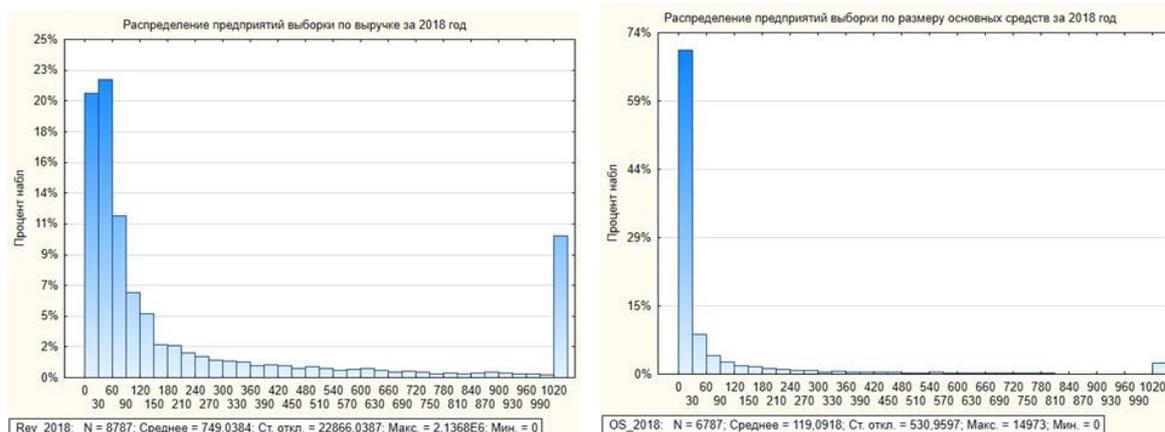


Рисунок 2. Распределение предприятий выборки по выручке и основным средствам по состоянию на 2018 год. Горизонтальная ось – значения в млн. руб.

Совместный анализ данных выявляет выручку, несоразмерную основным средствам, и, соответственно, чрезмерно высокую рентабельность активов для некоторых предприятий. В Таблице 1 предложено описание выборки по показателям выручки в 2017-2018 годах (Rev_2017 и Rev_2018), по затратам в тот же период (Cost_2017 и Cost_2018), по основным средствам и кредиторской задолженности в период 2014-2018 (OS и KZ), по рентабельности продаж и активов в период 2014-2018 (ROS и ROA)

Таблица 1. Характеристика выборки по основным переменным. Денежные значения выручки, затрат, основных средств и кредиторской задолженности в млн. руб

Переменная	Описательные статистики (СПАРК_Выборка_компаний_20200221_Пищевое)					
	N набл.	Среднее	Медиана	Минимум	Максим.	Ст.откл.
Rev_2017	8477	530,6754	68,00000	0,0	1969911	21406,22
Rev_2018	8787	749,0384	75,00000	0,0	2136761	22866,04
Cost_2017	8477	517,7301	65,00000	0,0	1939732	21077,58
Cost_2018	8787	726,2628	73,00000	0,0	2123620	22721,17
OS_2014	5028	98,2019	10,00000	0,0	14129	377,05
OS_2015	5565	100,8138	10,00000	0,0	13035	396,69
OS_2016	6135	103,5068	9,00000	0,0	12677	414,23
OS_2017	6729	107,0309	8,00000	0,0	13420	459,68
OS_2018	6787	119,0918	9,00000	0,0	14973	530,96
KZ_2014	5908	83,3091	10,00000	-10,0	6344	289,76
KZ_2015	6791	90,3770	11,00000	-10,0	20079	397,20
KZ_2016	7557	94,0589	11,00000	-11,0	16471	410,04
KZ_2017	8264	94,6475	13,00000	0,0	14373	409,96
KZ_2018	8187	105,1871	15,00000	-5,0	12696	450,33
ROS_2014	5796	-0,0984	0,04330	-372,8	2	5,34
ROS_2015	6662	-1,3592	0,04190	-8459,5	1	103,70
ROS_2016	7462	-0,1365	0,03915	-279,9	1	4,54
ROS_2017	8211	-0,9764	0,03610	-4551,0	1	56,58
ROS_2018	8132	-3,5503	0,03420	-24786,3	12	275,62
ROA_2014	5728	0,0499	0,03460	-54,4	57	1,56
ROA_2015	6643	-0,0890	0,04210	-1072,0	21	13,18
ROA_2016	7453	0,0854	0,04130	-43,5	14	0,90
ROA_2017	8213	0,1033	0,04220	-177,6	247	3,65
ROA_2018	8222	0,4721	0,03505	-545,3	1713	25,65

продаж и активов в период 2014-2018 (ROS и ROA)

После исключения явного недоразумения – выручки в триллионы рублей – разброс в данных всё ещё остаётся значительным, и аномалии следует обрабатывать специальными методами, прежде чем записывать в базу данных для корректного их использования в модели. О поиске аномалий см., например, (Чесноков, 2019). В общем можно сделать вывод о доступности данных для инициализации агентов-предприятий, хотя они и требуют специальной обработки.

Агенты-потребители

В отличие от случая с предприятиями, данные об агентах-потребителях на момент записи в базу считаются выверенными. Потребление детализируется до уровня домохозяйства и индивида, а подходящим источником в контексте исследования являются наблюдения RLMS³. Разделы о регионе проживания, доходах, месте проживания, потребляемых продуктах при гарантии репрезентативности выборки в национальном масштабе (от кураторов RLMS) позволяют построить потребление домохозяйств в региональном разрезе (и количестве микроэлементов в рационе). Сообщение об анемии, как показывает обследование RLMS, слышало очень небольшое количество респондентов (Рисунок 3). Обследование населения, о котором идёт речь, не является медицинским, и поэтому представленная оценка является нижней границей распространённости заболевания. Специальные биохимические анализы не проводились, и вопрос респонденту буквально звучал в формулировке, представленной на Рисунке 3. В целом данные об анемии следуют общемировой закономерности: преобладание заболевания среди женщин и среди старшего поколения (Рисунок 4). Дети не охвачены наблюдением инди-

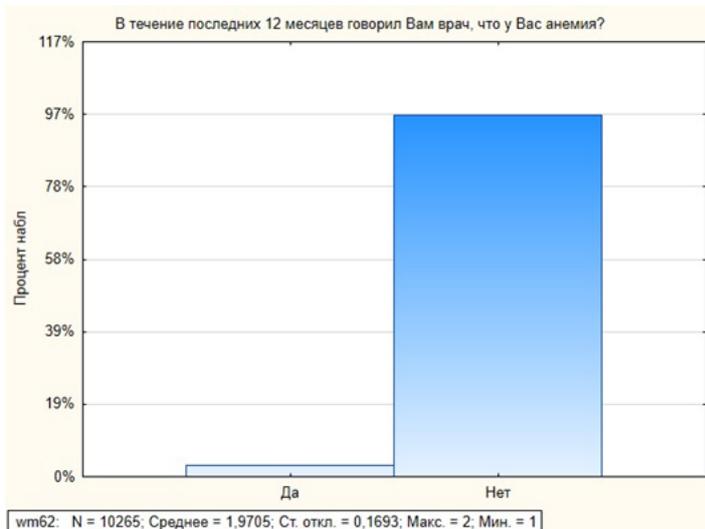


Рисунок 3. Распределение ответов на вопрос об анемии среди всех респондентов репрезентативной выборки 27-й волны RLMS. Отсутствие ответов или затруднение с ответом исключены при построении диаграммы.

видов, но они также находятся в группе риска. Обследование также включает вопрос о приёме биологически активных добавок, витаминно-минеральных комплексов. Любопытно, что всего 15% респондентов потребляют добавки и комплексы, тогда как среди тех, кому говорили о наличии анемии, таких уже 31%. Тем не менее, потребление БАД остаётся за рамками модели. Во-первых, ввиду малости этого сегмента на фоне пищевой промышленности. Во-вторых, по причине слишком общей формулировки в опросных листах RLMS. Более ранние волны мониторинга выделяли такие важные в контексте модели элементы, как витамины B12 и A.

Общая структура базы данных для агентной модели

Фокус на производстве и потреблении продуктов питания в контексте регионального распространения анемии диктует требования к структуре базы данных. Её основные таблицы содержат данные о производителе, о продуктах и о населении (Рисунок 5). Производитель характеризуется объёмом производства и ценой продукции. Как говорилось выше, некоторое приближение даёт совместный анализ отрасли на макро- (по публикациям Росстата) и микроуровнях (по данным

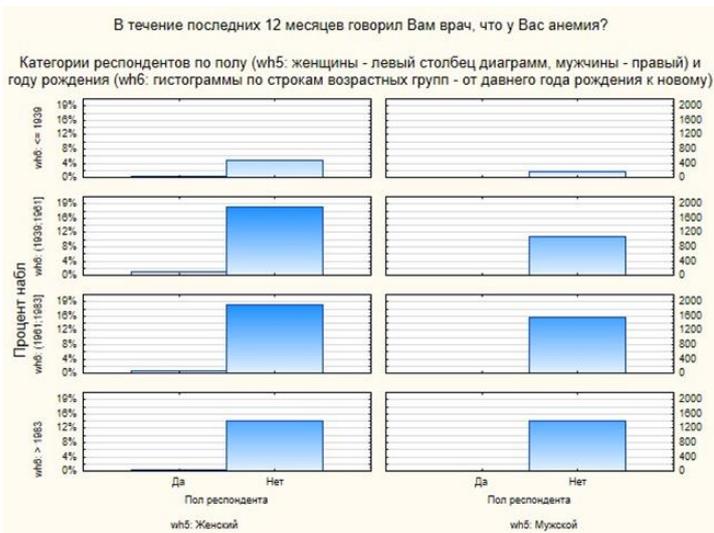


Рисунок 4. Распределение ответов на вопрос об анемии среди всех респондентов репрезентативной выборки 27-й волны RLMS по возрастным группам и полу. Отсутствие ответов или затруднение с ответом исключены при построении диаграммы

³ «Российский мониторинг экономического положения и здоровья населения НИУ ВШЭ (RLMS HSE)», проводимый Национальным исследовательским университетом «Высшая школа экономики» и ООО «Демоскоп» при участии Центра народонаселения Университета Северной Каролины в Чапел Хилле и Института социологии Федерального научно-исследовательского социологического центра РАН. (Сайты обследования RLMS HSE: <http://www.cpc.unc.edu/projects/rms> u <http://www.hse.ru/rms>)».

СПАРК-Интерфакс). Такое приближение является условностью, но оно позволяет отработать концепцию ввиду отсутствия более точных данных. Регион производителя известен достоверно, в то время как продукт – лишь до некоторой степени, в которой это позволяют сделать коды статистики. Доля производителя моделируется согласно доступной бухгалтерской отчётности, в которой важной с точки зрения динамики является текущая задолженность (по данным СПАРК). Кредитный рейтинг определяется на каждом шаге в результате моделирования: действует лучше рынка – займы доступны, хуже рынка – нельзя рассчитывать на кредит, и предприятию грозит банкротство.

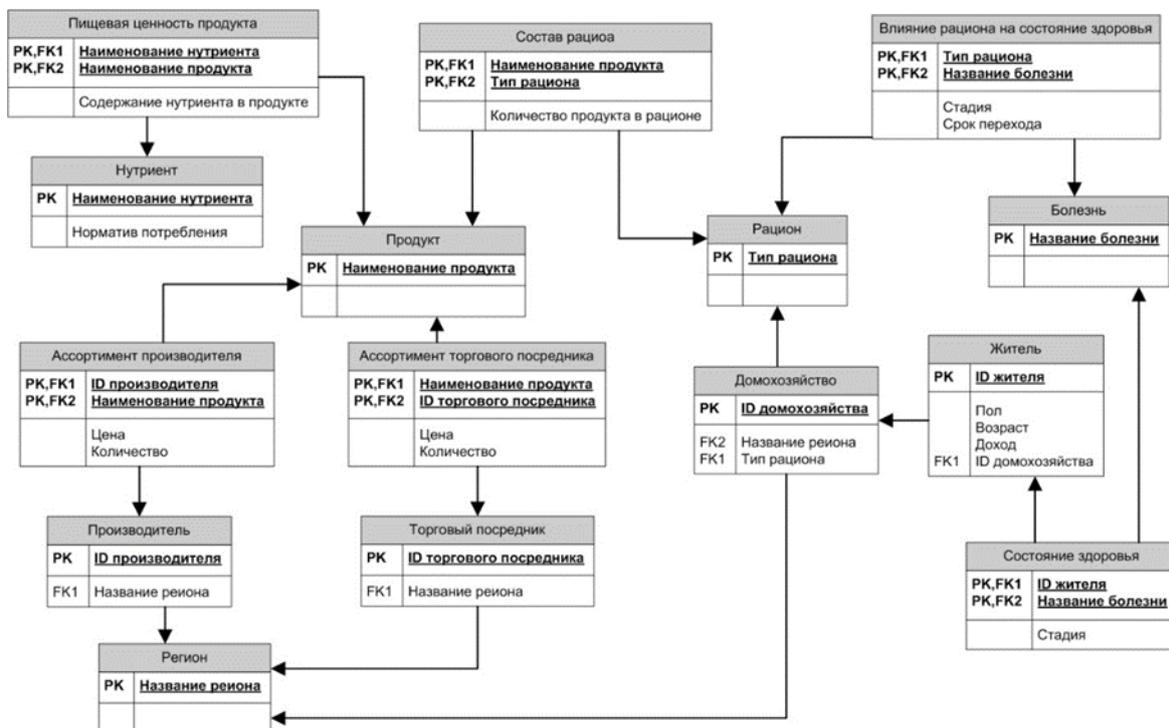


Рисунок 5. Общая структура данных агентной модели для анализа распространения анемии.

«Потребитель» является составным в том смысле, что для мониторинга распространения анемии учитываются индивиды, а в экономике участвуют домохозяйства – объединения индивидов. Основные характеристики индивидов – пол, возраст, доход, регион и местность проживания (город/ село), наличие заболевания – генерируются по данным RLMS. Характеристики домохозяйств – состав, потребление (рацион), доход – совместно на основе данных Росстата и RLMS.

Источником данных о питательной ценности продуктов и нормах потребления служат справочные и нормативные документы. К последним, например, относится Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 14.11.2001 N 36 "О введении в действие Санитарных правил"⁴ или методические рекомендации МР 2.3.1.2432-08.2.3.1.⁵ Также официальные документы служат источником данных о ставках для предприятий. Последние влияют на денежный поток и, соответственно, прибыльность бизнеса.

Обилие данных в модели – разнородных не только по своей сути, но и по источникам – поднимает вопрос об их загрузке в базу для моделирования. Более того, если говорить о сценарном анализе, то его ценность для пользователя растёт с количеством степеней свободы – параметров, чьи значения задаются тем или иным сценарием. Значения одного-двух параметров легко задать вручную, но разнообразие сценариев в таком случае очень ограничено, что влечёт за собой сужение перечня анализируемых вариантов при принятии решений. Десяток параметров и более повышает свободу лица, принимающего

⁴ Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 14.11.2001 N 36 "О введении в действие Санитарных правил" (вместе с "СанПиН 2.3.2.1078-01. 2.3.2. Продовольственное сырье и пищевые продукты. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы", утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 06.11.2001)

⁵ МР 2.3.1.2432-08. 2.3.1. Рациональное питание. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. Методические рекомендации" (утв. Роспотребнадзором 18.12.2008)

решения, но связан с некоторыми усилиями по ручному вводу значений. Выход может заключаться в использовании технологий извлечения данных из текстов.

Каждый сценарий может рассматриваться как набор нормативно-правовых актов и/или их проектов. Зачастую эти документы исходят из разных ведомств, которые не всегда согласовывают свои решения друг с другом, отраслю – на отсутствие системности реформ, связности принимаемых решений и отказ от ответственности уже обращалось внимание, например, в (Клейнер, 2014; Клейнер, Рыбачук, 2019). Подавая пакет документов на вход модели – модуль анализа текстов, - пользователь получает возможность сформировать данные для сценария, какой бы ни была размерность вектора параметров. Этот модуль, являясь составным элементом интерфейса с базой данных, заслуживает отдельного описания, и оно представлено ниже. Импорт данных из СПАРК, RLMS, Росстата реализуется ежегодно на пакетной основе – в соответствии с частотой обновления данных.

Модуль анализа текстов

Официальные документы – будь то публичные из открытого доступа или проекты регламентов, предоставленные пользователем, – могут быть проанализированы машинным способом. Целью этого этапа является поиск значимых параметров продовольственного рынка – как текущих, так и целевых. Машинная обработка документов и передача данных в АОМ представляет собой полезный инструмент в условиях высокой активности регулирующих ведомств и большого количества сценариев для анализа. Это особенно актуально в контексте производства и потребления продуктов питания. Рисунок 6 иллюстрирует связи между документами в предметной области. Красные точки – основные документы о продуктах питания и нормах потребления. Голубые – вспомогательные документы, которые упоминаются в тексте основных.

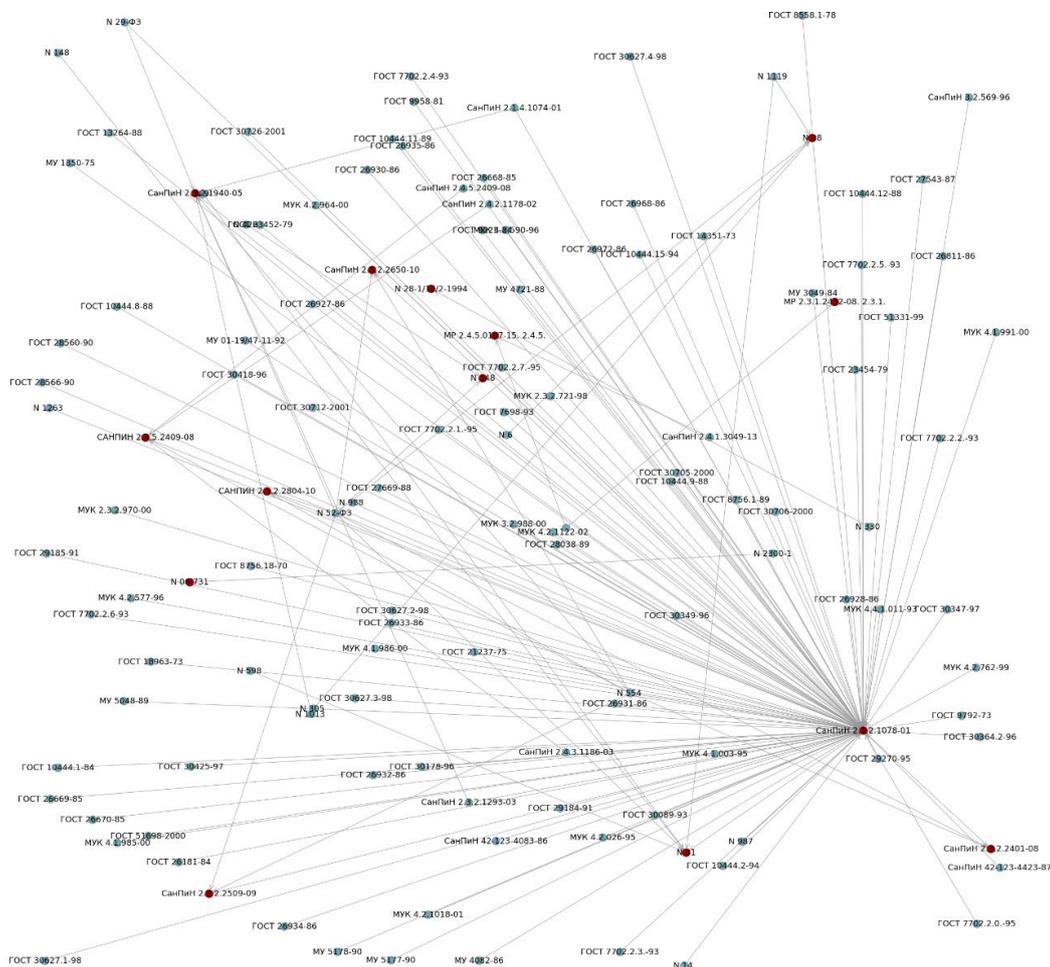


Рисунок 6. Связи между основными документами, регулирующими производство и потребление продуктов питания

В процессе анализа документов ключевой задачей является извлечение ключевых терминов и их семантических связей. Полученные результаты служат основой для составления словарей (тезаурусов, онтологий, глоссариев), выявления тематики текста, представления высокоуровневого описания содержания документа.

Применительно к специфике решаемой задачи, чтобы получить общее представление о документах на основе наиболее частотных слов или n-грамм, могут быть использованы статистические методы (tf-idf и другие). Для получения представления о тексте, как о системе семантически и грамматически взаимосвязанных элементов-слов, используются структурные методы: лингвистические (или шаблонные) и графовые. Лингвистический шаблон представляет собой формальное описание языковой конструкции (например, с помощью записи регулярных выражений, встроенных в большинство языков программирования), которую необходимо найти в тексте, чтобы извлечь ключевые термины (как, например, в вышеприведенном примере о выделении связей между документами). В основе графовых моделей лежит процедура построения графа, в вершинах которого стоят лексические единицы (слова, словосочетания или т.п.), а отношения между ними (например, отношение совместной встречаемости внутри окна заданной ширины) представлены в виде ребер графа (Mihalcea, Tarau, 2004; Милкова, 2018). Кроме того, в случае если коллекция документов слишком велика, адекватным подходом может быть осуществление автоматической суммаризации текстов (например, с помощью моделей seq2seq, см. Shi et al., 2018).

Заключение

Предложенная концепция модели согласованного изменения экономических и социальных параметров обладает рядом преимуществ как инструмент поддержки принятия решений. Во-первых, это визуализация анализа сценариев и связей между переменными. Агентный подход выглядит естественным в контексте исследований, подобных описанному – анализ динамики социально-экономической сферы. Разнообразие территорий, типов населённых пунктов, факторов питания задают множество вариантов потребителей и поставщиков – каждого со своими характеристиками. Фактически, это и есть агенты, совместная динамика которых находит отражение в экономических показателях и распространении заболеваний.

Во-вторых, будучи ядром инструмента принятия решений, агентная модель может обогащаться интерфейсами для учёта дополнительных факторов поведения. Данные реальной экономики, предварительная обработка данных с целью поиска аномалий и машинная обработка текстов, упомянутые в статье, – примеры таких интерфейсов. Но можно расширить перечень технологий доступа к данным, что позволит уточнить выбор агентов. Упомянувшиеся работы о влиянии социального окружения открывают перспективу использования данных социальных сетей и искусственного интеллекта для прогнозирования потребления в соответствии с теми нормами, под действием которых оказывается индивид. Роль этого фактора – порядок по сравнению с уровнем дохода – ещё предстоит оценить. И этот вопрос далёк от тривиального: зачастую потребители сами не дозревают, сколь сильно зависят от информационного воздействия, и только магнитно-резонансное сканирование головного мозга позволяет выявить картину принятия решений – не анкетирование.

Моделирование агентов-потребителей сложнее предприятий, и процедура принятия решения в значительной степени определяет архитектуру агента. Использование традиционных подходов через максимизацию полезности является самым простым, но довольно неэффективным по данному вопросу. Другой подход, объединяющий идеи из нескольких областей знаний, таких как экономика, психология, искусственный интеллект (машинное обучение) и т. д., оказывается гораздо более плодотворным. Тем не менее, в данной области пока нет стандартов. Наиболее перспективными подходами к выбору питания с учётом здоровья кажутся те, в которых люди-агенты не являются «рациональными искателями выгоды», обладая иррациональными и более реалистичными чертами поведения. Нарботки в этой области уже существуют (см., например, (Истратов, 2014; Истратов, 2016)), и предложенная концепция будет обрастать новыми деталями – относительно структуры базы данных, программных модулей, правил смены состояний и вычислительных алгоритмов, – предлагая пользователю инструмент для системного анализа последствий регуляторного воздействия.

Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, DST и NSF в рамках научного проекта № 19-57-80003. Авторы выражают признательность доктору Натише Дукхи и Дрипте Чоудири за консультацию по вопросам питания и анемии.

Литература

1. Грачев, И. Д., Н. В. Ноакк. Комбинированная модель реально-виртуальной экономики//Аудит и финансовый анализ. 2011. № 1. С. 92-101.
2. Истратов В.А. Моделирование повседневного планирования // Экономика и математические методы. – 2014. – Т.50. - №3. – с. 24-37
3. Истратов В.А. Моделирование формирования социальных норм в общественных науках // Экономика и математические методы. – Т. 52. - №4. – с. 47-73.
4. Клейнер Г.Б. Системное управление в трансформирующейся экономике // Стратегические решения и риск-менеджмент. – 2014 - № 5. - с.54-58.
5. Клейнер Г.Б., Рыбачук М.А. Опыт применения системной теории государственного воздействия в анализе экономических преобразований: пример Китая и России // Гуманитарные науки. Вестник Финансового университета. – 2019 - № 2. – с.19-24

6. Макаров В. Л., Бахтизин А. Р., Сушко Е. Д., Агеева А. Ф.. Имитация социально-экономической системы Евразийского континента с помощью агент-ориентированных моделей // Прикладная эконометрика. – 2017. – Т.48. – с.122-139.
7. Милкова М.А. Извлечение ключевых терминов направления «Цифровая экономика»: графоориентированный подход // Цифровая экономика. – 2018. – № 4(4). – с. 57-65
8. Чесноков М. Ю. Поиск аномалий в задаче повышения качества открытых данных. Проблемы управления. 2019;3(0):53-60.
9. Barbrook-Johnson P., Badham J., Gilbert N. Uses of Agent-Based Modeling for Health Communication: the TELL ME Case Study // Health Communication. – 2016. – Vol.32. - №8 – p. 939-944.
10. DeMaeyer E.M., Dallman P., Gurney J.M., Hallberg L., Sood S.K., Srikantia S.G. Preventing and controlling iron deficiency anaemia through primary health care // World Health Organization: Geneva. - 1989. – 58p.
11. Glanz K, Sallis J.F., Saelens B.E., Frank L.D. Healthy nutrition environments: concepts and measures // American journal of health promotion. – 2005. – Vol. 19. – №. 5. – p. 330-333.
12. Hlatswayo B.P.S., Ntshangase S., de Villiers F.P.R. The effects of iron deficiency and anaemia on primary school learners' scholastic performance // South African Journal of Child Health. – 2016. – Vol. 10. – №. 2. – p. 111-115.
13. Kamphuis C.B., Giskes K., de Bruijn G.J., Wendel-Vos W., Brug J., Van Lenthe F.J. Environmental determinants of fruit and vegetable consumption among adults: a systematic review // British journal of nutrition. – 2006. – Vol.96. - №4. – p.620-635.
14. Lamjed B.S., Drogoul A., Bouron T. Multi-agent based simulation of consumer behaviour: Towards a new marketing approach // Proceedings of the International Congress on Modelling and Simulation (MODSIM 2001), Canberra, Australia.
15. Li Y., Zhang D., Pagán J. A. Social norms and the consumption of fruits and vegetables across New York City neighborhoods // Journal of Urban Health. – 2016. – Vol.93. - №2. – p. 244–255.
16. Mihalcea, R., Tarau, P. TextRank: Bringing Order into Texts // Proceedings of the 2004 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing. – 2004. – p. 404-414.
17. Rose D., Richards R. Food store access and household fruit and vegetable use among participants in the US Food Stamp Program // Public health nutrition. – 2004. – Vol. 7. – №. 8. – С. 1081-1088
18. Shi, T., Keneshloo, Y., Ramakrishnan, N., Reddy, C.K. Neural Abstractive Text Summarization with Sequence-to-Sequence Models: A Survey // arXiv:1812.02303v3 – 2020.
19. World Health Organization (WHO). Serum ferritin concentrations for the assessment of iron status and iron deficiency in populations. Vitamin and Mineral Nutrition Information System / Geneva: World Health Organization (WHO) (WHO/NMH/NHD/MNM/11.2) - 2011. URL: http://www.who.int/vmnis/indicators/serum_ferritin.pdf (Дата обращения 20.09.2019)

References in Cyrillics

1. Grachev I. D., Noakk N. V.. Kombinirovannaja model' real'no-virtual'noj jekonomiki // Audit i finansovyj analiz. - 2011. - № 1. - с. 92-101.
2. Istratov V.A. Modelirovanie povsednevnogo planirovanija // Jekonomika i matematicheskie metody. – 2014. – Т.50. - №3. – с. 24-37
3. Istratov V.A. Modelirovanie formirovanija social'nyh norm v obshhestvennyh naukah // Jekonomika i matematicheskie metody. – Т. 52. - №4. – с. 47-73.
4. Klejner G.B. Sistemnoe upravlenie v transformirujushhejsja jekonomike // Strategicheskie reshenija i risk-menedzhment. – 2014 - № 5. - с.54-58.
5. Klejner G.B., Rybachuk M.A. Opyt primenenija sistemnoj teorii gosudarstvennogo vozdejstviya v analize jekonomicheskix preobrazovanij: primer Kitaja i Rossii // Gumanitarnye nauki. Vestnik Finansovogo universiteta. – 2019 - № 2. – с.19-24
6. Makarov V. L., Bahtizin A. R., Sushko E. D., Ageeva A. F.. Imitacija social'no-jekonomicheskoj sistemy Evrazijskogo kontinenta s pomoshh'ju agent-orientirovannyh modelej // Prikladnaja jekonometrika. – 2017. – Т.48. – с.122-139.
7. Milkova M.A. Izvlechenie klyuchevykh terminov napravleniya «Cifrovaya ekonomika»: grafoorientirovannyj podhod // Cifrovaja jekonomika. – 2018. - № 4(4). – с. 57-65
8. Chesnokov M.Ju. Poisk anomalij v zadache povyshenija kachestva otkrytyh dannyh. Problemy upravlenija. – 2019 - №3. – с.53-60

*Машкова Александра Леонидовна – к.т.н., доцент,
Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева
Милкова Мария Александровна – научный сотрудник
лаборатории экспериментальной экономики ЦЭМИ РАН (m.a.milkova@gmail.com)
Неволин Иван Викторович (i.nevolin@cemi.rssi.ru)*

Ключевые слова

агентное моделирование, информационные системы, анемия.

Alexandra Mashkova, Maria Milkova, and Ivan Nevolin. A System to Monitor Disease Dissemination among Territories**Keywords**

agent-based modelling, information systems, anemia,

DOI: 10.34706/DE-2020-01-03

JEL Classification: C63 – Computational Techniques, Simulation Modeling, C88 – Other Computer Software

Abstract

We describe a concept of an information system to analyze scenarios in decision-making. The article covers a general logic of the system, a structure of the database in use, an analysis of available information to fill the model. Systems of this kind are urgent due to the dimension of planning tasks and the interaction of many factors. Anemia at regional level and the regulation of the food industry were chosen as the context for the system development.