НАУЧНЫЕ СИСТЕМНЫЕ РЕКОНСТРУКЦИИ СОСТОЯНИЙ РАБОТНИКОВ ПРОИЗВОДСТВА ОПАСНЫХ ХИМИКАТОВ

В.О.Агеев, Т.Л.Качанова, К.А.Туральчук, Б.Ф.Фомин, О.Б.Фомин

Россия, Санкт-Петербург, СПбГЭТУ «ЛЭТИ»
fomin@acea.neva.ru

Введение. Биологические процессы, возникающие на континууме от экспозиции химического фактора до проявлений токсических эффектов или общего системного ответа, обладают большой структурной гетерогенностью. Перспективы создания методов моделирования состояний экспонированных биосистем, расширяющих возможности поиска закономерностей в условиях наблюдаемой изменчивости, неоднородности и неопределенности, связывают с развитием системной биологии.

В этом плане заслуживает внимания новый подход к преодолению сложности биосистем, начало которому положила физика открытых систем [1,2,3]. Своим появлением она обязана решению общей задачи реконструктивного анализа сложных систем по эмпирическим описаниям. Благодаря этому решению возникло научное знание о внутреннем мире открытых систем. Аналитический аппарат физики открытых систем сформировался в результате создания языка систем и квалиметрии системного знания. Стало реальностью научное понимание и рациональное объяснение сложности систем на основе качественной теории. Становление физики открытых систем завершилось после решения проблемы синтеза состояний. Это решение связало общесистемное научное знание о сущности состояний открытых систем с конкретными носителями и феноменами состояний в реально наблюдаемом мире.

Центральным вопросом доклада является представление нового метода системной биологии (далее для краткости - Метод), основанного на физике открытых систем. Он применяется для автоматической генерации по исходным эмпирическим описаниям наблюдаемых состояний биопопуляции и окружающей ее среды завершенного научно достоверного знания о состояниях и эволюции состояний всех индивидуумов популяции на заданном периоде наблюдения. В докладе обсуждается решение актуальной научной проблемы об индивидуальных и групповых канцерогенных эффектах воздействия на человека высокотоксичных химических веществ (далее для краткости - Задача). В основу содержания доклада положены результаты, полученные авторами в 2007г. в рамках проекта «Unified Method of State Space Modeling of Biological Systems» (ISTC №3476), выполняемого по договору с US Environmental Protection Agency [4].

Основные результаты. Объектом является популяция 136 профессионалов, в течение многих лет работавших в условиях возможного контакта с

высокотоксичным химическим веществом. Каждый индивидуум популяции неоднократно (от 6 до 33 раз) проходил медицинские обследования. В ходе каждого обследования определялись значения фиксированного набора мер, характеризующих текущее состояние индивидуума и среду. Исходным эмпирическим описанием популяции служит сегментированная таблица наблюдений (2715 строк, 118 столбцов). Каждая строка таблицы описывает одно обследование одного индивидуума, каждый столбец характеризует наблюдаемую изменчивость одного показателя состояния или среды.

Постановка Задачи связана с назначением целевых показателей экспонированной системы. Требуется установить, научно обосновать и объяснить закономерности взаимосвязи целевых показателей с множеством других показателей системы, вовлеченных в такие закономерности.

Физика систем оценивает каждый показатель эмпирического контекста по его представительности, коррелятивности, осуществленности, системной обусловленности, представительности типичного и особенного, выражению внутрисистемных корреляций, акцентированию существенного. Вычисление количественных оценок этих свойств у наблюдаемых показателей, а также их применение для экспертизы качества исходного контекста осуществляются автоматически. В опоре на эти оценки Метод определяет потенциал значимости каждого показателя контекста, ранжирует показатели, выявляет показатели с лучшим, хорошим и средним потенциалами значимости.

Применение Метода связано с выполнением четырех активностей: анализом качества исходного эмпирического контекста экспонированной популяции и экспертизой его достаточности; генерацией системного научного знания об экспонированной популяции; системной экспертизой полученного знания на достоверность, завершенность, применимость в Задаче; генерацией глобальных системных реконструкций актуальных состояний экспонированной популяции.

Технологии физики систем автоматически извлекают научное знание из эмпирических контекстов открытых систем. Метод работает с системными моделями - основными носителями научного знания о популяции (в Задаче задействованы 64 модели). Через системные модели раскрывается многокачественная природа смыслового пространства биосистемы, объясняется его устроение, характеризуется сложность перехода от чистого смысла состояния к носителям этого смысла в конкретном эмпирическом факте.

Физика систем вводит для каждой системной модели шесть свойств. Три свойства (системная обусловленность, выраженность смыслов, завершенность устроения) являются общими для всех системных моделей, три других свойства (обособление существенного, фокусы существенного) –

специфическими, характерными только для целевых моделей. Вычисление и применение количественных оценок общих и специфических свойств выполняются автоматически.

Метод работает со всеми целевыми моделями (в Задаче их 7). В каждую целевую системную модель входит хотя бы один целевой показатель. Множество целевых моделей полагает в смысловом пространстве популяции область, в пределах которой системный смысл экспонированной популяции ориентирован на Задачу и детерминирован в отношении существенного и несущественного в Задаче.

Целевые модели определены во всех своих эталонных состояниях. В каждом эталонном состоянии известны все несущественные, невыраженные, малонадежные и исключенные показатели. Верифицированные модели эталонных состояний с целевыми показателями (в Задаче таких моделей 10) обладают потенциалом порождения решения и входят в решение с присущими им рангами значимости и качества, полученными на основе оценок общих и специфических системных свойств.

В физике систем осуществляется синтез состояний. Каждому состоянию эмпирического описания системы отвечает его глобальная системная реконструкция. Генерация глобальных реконструкций осуществляется автоматически. Метод работает с глобальными реконструкциями всех состояний каждого индивидуума популяции.

Реконструкции, упорядоченные по моментам обследований индивидуума, задают эволюцию его состояний на интервале наблюдений. Научная реконструкция любого состояния описывает совместное согласованное действие моделей эталонных состояний, вклад которых в формирование данного состояния достоверно установлен.

Метод строит базу решения Задачи. Глобальные системные реконструкции, образующие базу решения, разбиты на классы. Каждый класс представляет одну определенную популяционную группу. Канцерогенный эффект у всех индивидуумов одного класса порожается одним и тем же системным механизмом, достоверным описанием которого является соответствующая глобальная научная системная реконструкция.

Метод приводит к решению Задачи. Решение имеет нормативную стандартную форму представления. В ней для каждой популяционной группы или одного индивидуума отображаются:

- состав группы (имя индивидуума);
- состав моделей эталонных состояний;
- устроение каждой эталонной модели состояния;
- предикатные выражения эталонов и притягательных множеств;
- системные роли, ранги важности, степени надежности показателей;
- меры однородности, уровни значений, диапазоны варьирования всех показателей в каждой эталонной модели;

– научно обоснованное заключение о канцерогенном эффекте;
– когнитивные схемы системных механизмов, объясняющих проявление (непроявление) токсического эффекта в экспонированной популяции.

Решения задач о токсических эффектах и рисках негативного ответа в экспонированных популяциях на основе рассмотренного в докладе Метода генерируется автоматически. Метод реализован на базе программно-технологического кластера физики систем. Доступ к ресурсам кластера предоставляется на условиях технологического аутсорсинга.

Научная новизна. Существует фундаментальная проблема понимания сложности открытых природных систем. Кибернетическая и синергетическая парадигмы остановились перед этой проблемой. Огромные объемы эмпирических данных о биосистемах, накопленные за многие годы исследований и возникающие в настоящее время, мало востребованы. Статистический и экспертный подходы в системной биологии имеют низкую продуктивность. Физика систем предложила новый подход. Она создала адекватную открытым системам концептуальную структуру преодоления сложности, привела к лидирующим информационным технологиям нового поколения, способным генерировать научное знание прямо из эмпирических контекстов открытых систем и синтезировать решения крупномасштабных системных проблем на базе полученного знания.

Представленный в докладе Метод развивает аналитическое превосходство физики систем, продвигает ее достижения в сферу конкретных приложений. Возможности Метода показаны на типовой задаче системной биологии, связанной с генерацией научного знания, пониманием и объяснением токсических эффектов или общего системного ответа организма на воздействие опасных химикатов.

Авторы доклада намерены обратить внимание коллег на универсальную структуру Метода и дать краткий обзор его применений в планетарной физике, национальной безопасности и других областях.

Литература

1. Качанова Т.Л., Фомин Б.Ф. Основания системологии феноменального. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 1999. – 180 с.
2. Качанова Т.Л., Фомин Б.Ф. Метатехнология системных реконструкций. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2002. – 336 с.
3. Качанова Т.Л., Фомин Б.Ф. Технология системных реконструкций. СПб.: Политехника, 2003. – 146 с. (Проблемы инновационного развития. Вып. 2).
4. Unified Method of State Space Modeling of Biological Systems/ISTC Project 3476/Annual Project Technical Report on the work performed from July 1, 2006 to June 30, 2007. 337 p.