

## ОТЗЫВ

### ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

*доктора технических наук, профессора Кузина Рудольфа Евгеньевича  
на диссертационную работу Папаева Павла Леонидовича на тему*

*«Ячеечно-нейросетевая система компьютерного анализа  
последствий аварийного загрязнения атмосферы химическими  
производствами»,*

*представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка  
информации (химическая технология)*

**Актуальность диссертационного исследования.** Диссертация П. Л. Папаева посвящена разработке информационной системы, названной «Ячеечно-нейросетевой системой компьютерного анализа последствий аварийного загрязнения атмосферы химическими производствами» с использованием методов математического и компьютерного моделирования, искусственного интеллекта, анализа, обработки и представления информации.

В современном индустриальном мире объемы производства и хранения на промышленных предприятиях химических веществ, являющихся источниками потенциальной аварийной опасности, достаточно большие, чтобы при ее возникновении привести к тяжелым социально-экономическим и экологическим последствиям. Это ставит много научных задач и для их решения, в частности, требует разработки и использования специализированного информационного и программного обеспечения, основанного на методологии системного анализа и современных математических методах.

Функции таких информационных систем должны зависеть от целей их использования. При этом главные функции, как правило, остаются универсальными: возможность обрабатывать информацию об аварийном загрязнении, получаемую из различных источников, способность моделировать аварийные ситуации по заданным условиям с использованием современного методического, математического и программно-алгоритмического обеспечения, возможность представлять как результаты моделирования, так и рекомендации для принятия решения ответственным лицам. Представленная диссертационная работа направлена на исследование и решение данной новой научной задачи, что определяет ее важность и актуальность.

Следует отметить широкий спектр отечественных и зарубежных литературных источников, использованных автором при подготовке диссертационного исследования. Он изучил и применил результаты, представленные за последние 10 лет в диссертациях и научных периодических публикациях по аналогичным и близким по тематике предметным областям исследования.

**При выполнении исследований автором получен ряд новых научно-**

**обоснованных результатов**, среди которых целесообразно отметить следующие:

1. Автором предложена методика использования ячеечно-нейросетевого компьютерного анализа аварийного загрязнения атмосферы химическими производствами, отличающегося применением процедуры пространственно-временной дискретизации процесса переноса примеси в атмосфере и математически описываемого многослойными перцептронами, что позволяет определять пространственные и временные профили концентрации загрязняющих веществ в атмосфере, зоны загрязнения и токсического поражения в результате аварийного загрязнения промышленными источниками.

2. Разработана методика построения программно-информационной архитектуры оригинальной информационной системы, отличающейся интеграцией всех процедур, результатов вычислительных экспериментов, возможностью обработки внешних данных в режиме реального времени и использованием ячеечно-нейросетевых моделей, что позволяет принимать научно обоснованные решения по анализу последствий аварийных выбросов химических производств в атмосферу.

3. Разработаны ячеечно-нейросетевые модели, отличающиеся учетом сценариев изменения метеоусловий и возможностью дополнения недостающих исходных данных на основе методов интерполяции, что позволяет математически более точно описывать распространение примесей и оценивать последствия аварийного загрязнения атмосферы.

4. Разработаны алгоритмы принятия решений на основе методов нечетко-логического вывода и анализа маршрутов эвакуации производственного персонала и населения, отличающиеся учетом результатов ячеечно-нейросетевого компьютерного анализа аварийного загрязнения атмосферы промышленными источниками, что позволяет повысить оперативность и эффективность предлагаемых организационно-управленческих и инженерно-технических мероприятий.

5. Разработаны новые компьютерные методы и алгоритмы интерактивной визуализации исходных данных и результатов расчетов, отличающиеся гибкостью перехода между графическими и табличными формами представления информации, синхронностью трансформации результатов при любых изменениях в данных или параметрах настройки, что позволяет упростить и ускорить процесс анализа и принятия решений по устранению последствий аварийного загрязнения атмосферы.

**Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций работы.** Достоверность и обоснованность исследования базируется на корректном использовании методов разработки баз данных и программного обеспечения информационных систем, методов обработки больших массивов данных (масштабирования, нормализации, оценки репрезентативности), методов корреляционного анализа, методов теории искусственного интеллекта (искусственных нейронных сетей, нечеткой логики), методов принятия решений.

Обоснованность результатов подтверждена опытом практического применения разработанной оригинальной ячеечно-нейросетевой информационной системы для получения рекомендаций по обеспечению экологической безопасности при загрязнениях атмосферы промышленными источниками в Управлении обеспечения безопасности населения, гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций (г. Новомосковск, Тульская область) и в ООО «УралПромБезопасность» (г. Пермь).

#### **Теоретическая и практическая значимость выводов и результатов.**

Теоретическая значимость заключается в исследовании техногенно-природных и социально-экономических систем, включающих химические производства как источники аварийной химической опасности, территории, подвергающиеся негативному воздействию загрязняющих факторов, и объекты биосферы, подвергающиеся воздействию этих факторов.

Также среди наиболее важных теоретических результатов исследований, проведенных автором, следует отметить изложенные им принципы построения программно-информационной архитектуры информационной системы компьютерного анализа аварийного загрязнения атмосферы химическими производствами.

Разработанная информационная система может практически применяться: в научно-исследовательских организациях, изучающих проблемы промышленной и экологической безопасности и методы их решения; в проектных организациях при разработке проектной документации по обеспечению промышленной и экологической безопасности химических производств; экологическими службами химических предприятий и уполномоченными организациями по экспертизе в области промышленной и экологической безопасности для оценки и анализа последствий реальных и потенциально возможных аварийных выбросов в атмосферу.

Предложенные методы и алгоритмы интерактивной визуализации исходных данных и результатов расчетов позволяют ускорить анализ результатов оценки воздействия на окружающую среду и повысить эффективность принимаемых с использованием системы решений, связанных с анализом и обработкой информации в области промышленной и экологической безопасности.

#### **Соответствие результатов заявленной научной специальности**

Научные результаты соответствуют следующим пунктам научной специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (химическая технология):

– п. 2 – «Формализация и постановка задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации» в части постановки задачи и проведения системного анализа техногенно-природно-социальной системы, объединяющей химические производства, атмосферный воздух, а также производственный персонал и население, находящиеся на территории, подвергающейся загрязнению;

– п. 5 – «Разработка специального математического и алгоритмического обеспечения систем анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации» в части разработки математического и программно-алгоритмического обеспечения информационной системы «ЯНСКА»;

– п. 7 – «Методы и алгоритмы интеллектуальной поддержки при принятии управленческих решений в технических системах» в части разработки алгоритма принятия решений на основе результатов оценки последствий аварийного загрязнения атмосферы с использованием метода анализа и выбора альтернативных маршрутов эвакуации персонала и населения в соответствии с уровнем токсического воздействия на людей и выбора из них наименее опасного маршрута;

– п. 12 – «Визуализация, трансформация и анализ информации на основе компьютерных методов обработки информации» в части разработки и программной реализации в системе пользовательского интерфейса и алгоритмов компьютерной интерактивной визуализации исходных данных и результатов расчетов с гибким переходом между графическими и табличными формами представления информации и синхронностью трансформации результатов при любых изменениях в данных или параметрах настройки методов обработки информации.

#### **Замечания и рекомендации по диссертационной работе.**

1. Как у многих соискателей, в рассматриваемой работе в одну компанию подтягиваются все три направления специальности 05.13.01 (системный анализ, обработка информации, управление). Они перечисляются в паспорте специальности через запятую, а не через союз **И**, как в специальности 05.13.18, где требуется триада: одновременное присутствие оригинальных результатов из всех трех областей специальности (и математического моделирования, и численных методов, и комплексов программ).

Главное, что сделано, это - разработка ячеечно-нейросетевой системы для расчета распространения загрязнений атмосферы при аварийных выбросах на химических производствах, то есть получены новые научно-обоснованные решения при **обработке информации** в больших массивах данных. И совсем не обязательно, и даже вредно, тянуть сюда системный анализ и подготовку управляющих решений.

Ну почему системный анализ, а не просто разумный анализ существующих методов расчета динамики выбросов? Системный анализ используют для поиска скрытых обратных связей, нарушающих устойчивость систем, для выявления «узких мест» и т.п. В диссертации этого нет, да и нужды никакой нет.

А предлагаемые способы «принятия решений о маршруте эвакуации производственного персонала на основе метода анализа альтернатив» никак не относятся к задачам управления и, более того, противоречат практике проектирования предприятий, где проходная одна, везде плакаты с единственным планом эвакуации, специально оборудованные маршруты эвакуации с трапами, перилами, аварийным освещением, а тут –

рекомендуют МНОЖЕСТВО путей эвакуации. И ссылка в таблице 2.1 на работу 98 украинских студентов неубедительна. На мой взгляд, вполне достаточно было бы сосредоточиться на одном направлении специальности 05.13.01 – обработка информации: и объем работы стал бы меньше, и она была бы стройнее.

2. Для меня осталось неясным, что для автора означает термин «последствия» аварийного загрязнения атмосферы химическими производствами. За 55 лет работы в урановой отрасли во ВНИИ химической технологии и на многих горно-химических предприятиях я твердо усвоил, что последствия аварий (это - то, что после действия выброса) включают значительный ущерб здоровью людей, окружающей природной среде и народному хозяйству. В работе же речь идет о методах расчета концентраций вредных химических веществ, об ОВОСах, а система определений и авторский научный комментарий, связывающий эти два понятия с «последствиями», отсутствуют.

3. Ввиду большого объема командировок по предприятиям нашей необъятной страны (Советского Союза) и стран социалистического блока мне пришлось быть участником ликвидации последствий нескольких крупных аварий с выбросом ВХВ в атмосферу. И каждый раз самой сложной задачей было определение точек выброса ВХВ и его химического состава на основе немногочисленных данных пробоотбора на вентсистемах предприятий, проб окружающей природной среды, предположений и заключений медиков. Далек ходить за примерами не нужно: уже 3 месяца с привлечением больших научных сил ищется источник выброса в атмосферу Рутения-106 и мощность соответствующей дозы.

От науки требуют найти точки выбросов! Определить состав и мощность выброса: что это? - аэрозоли бериллия, таллия, окислы хрома, свинца? Или фториды, хлориды? Было бы очень ценно для внедрения предложенных методов моделирования наметить возможности решения не только задач оценки воздействий на окружающую среду (ОВОС), но и обратной задачи – определения возможных точек выбросов и химического состава выбросов на базе данных экологического мониторинга.

4. Замечаний по оформлению рецензируемой работы у меня не много, точнее, значительно меньше среднего показателя для работ последних 10 лет. Как обычно, меня сердит пренебрежительное отношение к формату числовых данных. И если в таблицах 4.5 – 4.9, а также в приложении 1 все числа представлены в научном формате с тремя значащими цифрами мантиссы (что соответствует погрешности данных - 1%), то числа в таблицах 3.13 и 3.14 содержат уже по пять значащих цифр, что соответствует очень высокой точности представления концентраций (0,01%). А это на практике недостижимо.

Ряд материалов, описывающих работу с программами, нельзя включать даже в Приложения. Им место - в Программной документации.

И встретился в тексте один «Перл», который нельзя пропускать. На стр. 111 диссертации (первый абзац) читаю: «... Чем больше значение  $F$  (критерия Фишера) превышает табличное  $F_{\text{таб}}$ , для выбранного уравнения значимости  $P$  и имеющихся чисел степеней свободы, тем эффективнее уравнение регрессии [106]». Здесь- в двух строках сразу 2 «перла» и плохая опечатка. Не уравнения, а уровня значимости. Введено новое понятие «эффективность уравнения». И, наконец, применение критерия Фишера не предполагает никаких сравнительных оценок: здесь язык проверки статистических гипотез (или уравнение адекватно экспериментальным данным, или не адекватно).

**5. Рекомендация оппонента.** В счастливые времена нашей молодости, более пятидесяти лет тому назад, мы с В.П.Мешалкиным, ныне академиком и председателем Вашего совета, занимались дипломным проектированием в проблемной лаборатории автоматики Московского энергетического института (МЭИ). Валерий Павлович паяльником создавал из набора транзисторов, конденсаторов, резисторов и минипотенциометров электронную модель сложного прогнозирующего динамического звена на основе фильтров Лаггера. А в соседнем помещении другой выпускник кафедры, уже инженер, Владислав Борисович Свечинский паял из такого же набора деталей электронную модель перцептрона – основу искусственного интеллекта. Он умело обучал эту модель распознаванию букв А и О, и это видела вся страна на большом экране кинотеатров в фильме студии «НаучФильм» про молодых кибернетиков факультета автоматики и вычислительной техники МЭИ. Скорость обучения перцептрона и распознавания была не велика, но эффект воздействия на молодежь был огромен – подумать только «Кибернетика, Искусственный интеллект».

Прошло всего полвека и благодаря стремительному развитию средств вычислительной техники, их фантастическому быстродействию, универсальности средств программирования, скромный молодой человек, соискатель ученой степени Павел Леонидович Папаев разработал программу реализации развитой нейронной сети и алгоритмов ее обучения. Быстродействие сети выросло на 10 порядков, с учетом весьма скромных возможностей его персонального компьютера.

Пока в диссертации нам представлены достижения по быстрому решению прямой задачи анализа загрязнений атмосферы при аварийных выбросах ВХВ. И это открывает путь решения обратной задачи – локализации источников выбросов по результатам производственного мониторинга выбросов и пространственного экологического мониторинга окружающей природной среды.

Я рекомендую заняться этой сверхактуальной новой научной задачей хорошей паре исследователей – соискателю и его научному руководителю к. т. н., доценту Дударову Сергею Павловичу.

Я не стал приводить еще несколько дискуссионных замечаний, поскольку они не влияют на общую оценку работы. Работа выполнена на

хорошем научном уровне, написана грамотным научным языком и хорошо оформлена с использованием современных текстовых и графических редакторов.

Моя оценка работы – «отлично».

Автореферат и опубликованные научные работы достаточно полно отражают основное содержание диссертации.

### Заключение

Диссертация П. Л. Папаева является законченным научным исследованием, выполненным автором самостоятельно на современном научно-техническом уровне, в котором получены новые научно-обоснованные методические и программно-технические решения по разработке ячеечно-нейросетевых моделей расчетов распространения загрязнений атмосферы при аварийных выбросах на химических производствах, реализация которых вносит значительный вклад в экономическое развитие и повышение экологической безопасности страны. Рецензируемая диссертация полностью соответствует пункту 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» в редакции Постановления Правительства РФ от 24.09.2013 № 842.

Считаю, что автор работы Павел Леонидович Папаев, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (химическая технология).

Доктор технических наук, профессор,  
главный научный сотрудник  
испытательной лаборатории  
радиационного контроля Ведущего  
научно-исследовательского института  
химической технологии Госкорпорации  
«Росатом»

115409, г. Москва, Каширское ш., д. 33.  
+7 (916) 535-2105

E-mail: rkuzin256@mail.ru

Научная специализация: 05.13.01, 05.17.02, 05.13.06

Подпись профессора Р.Е.Ку  
Ученый секретарь АО «ВНИИ  
кандидат технических наук

Р. Е. Кузин

16.01.2018



инные «УДОСТОВЕРЯЮ»

С. Л. Кочубеева