

опрос параметров работы инженерных систем. В результате этих действий формируется цифровой двойник физического (ЦДФ) объекта.

$$B_i(t) = \begin{pmatrix} b_{11}(t) & \cdots & b_{1n}(t) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{481}(t) & \cdots & b_{48n}(t) \end{pmatrix}, \quad (2)$$

где $B_i(t)$ – матрица значений параметров ЦДФ в начальный момент времени t .

На следующем шаге на основе значений ПЦД и ЦДФ рассчитывается коэффициент адаптации, который после обновления результатов опроса ЦДФ перезаписывается. Коэффициент адаптации (K_A) – величина, которая используется для адаптации элементов системы на определенном промежутке времени (постоянная времени).

Постоянная времени – это период времени, при котором цифровой двойник является адекватным. Постоянная времени равна отрезку времени, при котором разница в измерениях не превышает погрешность измерения.

$$K_A = K_A^0 \pm \Delta K_j. \quad (3)$$

Используя коэффициент адаптации, система формирует адаптированный цифровой двойник (АЦД), который актуален при действительном значении постоянной времени.

$$A_A(t) = \begin{pmatrix} a_{A11}(t) & \cdots & a_{A1n}(t) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{A481}(t) & \cdots & a_{A48n}(t) \end{pmatrix} \quad (4)$$

где $A_A(t)$ – матрица значений параметров АЦД, которая актуальна время t .

После того, как время действия постоянной времени истекло, система возвращается на шаг опроса параметров физического объекта.

Таким образом, алгоритм автоматизированной адаптации цифрового двойника строительного объекта позволяет сформировать цифровой двойник адекватный физическому объекту.

Адаптированный цифровой двойник адекватен физическому объекту, если для него действительно значение постоянной времени.

Работа выполнена в рамках Государственного задания Минобрнауки РФ №7.6932.2017/8.9.

Список литературы

1. Волков А. А. Кибернетика строительных систем. Киберфизические строительные системы // Промышленное и гражданское строительство. 2017. № 9. С. 4-7.
2. Волков А.А. Основы гомеостатики зданий и сооружений // Промышленное и гражданское строительство. 2002. №1, С. 34-35
3. Чельшков П.Д. Киберфизическая интеграция строительных систем // Естественные и технические науки. 2018. №6. С. 198-200
4. Чельшков П.Д. Аспекты автоматизированного проектирования киберфизических строительных систем // Промышленное и гражданское строительство. 2018. №9. С. 21-27
5. "Uhlemann T.H.-J., Steinhilper C.L.R., Steinhilper R. The Digital Twin: Realizing the Cyber-Physical Production System for Industry [15] 4.0 // Procedia CIRP. 2017. Vol. 61. Part of special issue: The 24th CIRP Conference on Life Cycle Engineering. Ed."
6. "Uhlemann T.H.-J., Schock C., Lehmann C., Freiberger S., Steinhilper R. The Digital Twin: Demonstrating the Potential of Real Time Data Acquisition in Production Systems // Procedia Manufacturing. 2017. Vol. 9. Pp. 113-120. DOI: 10.1016/j.promfg.2017"
7. "Boschert S., Rosen R. Digital Twin - The Simulation Aspect / P. Hehenberger, D. Bradley (Eds.) // Mechatronic Futures. Springer International Publishing, 2016. Pp. 59-74. DOI: 10.1007/978-3-319-32156-1_5"
8. Cunbo Zhuang. Digital twin-based smart production management and control framework for the complex product assembly shop-floor / Cunbo Zhuang, Jianhua Liu, Hui Xiong // INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED MANUFACTURING TECHNOLOGY. – 2018. – No96.
9. «Петров А.В.Имитационное моделирование как основа технологии цифровых двойников // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2018. Т. 22. No 10. С. 56–66. DOI: 10.21285/1814-3520-2018-10-56-66».
10. "Mitchell, M. (2009). Complexity: a guided tour. Oxford: Oxford University Press".
11. В.И. Дьяков "Типовые расчеты по электрооборудованию", 1991 г., стр. 156.
12. «Madni, A.M.; Madni, C.C.; Lucero, S.D. Leveraging Digital Twin Technology in Model-Based Systems Engineering. Systems 2019, 7, 7.

© Д. А. Лысенко

Ссылка для цитирования:

Д. А. Лысенко. Алгоритм применения метода автоматизированной адаптации цифрового двойника объекта строительства // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2019. № 4 (30). С. 124–127.

УДК 681.586

СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ В УМНОМ ГОРОДЕ

В. М. Зарипова, И. Ю. Петрова, Ю. А. Лежнина

Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, г. Астрахань, Россия

Рост городского населения в последние годы обуславливает активное развитие городской инфраструктуры на основе информационных технологий и интернета вещей. С другой стороны, высокая концентрация населения в городских агломерациях увеличивает нагрузку на такие ресурсы, как земля, пространство, чистая вода и энергия. Поэтому вопросы эффективного управления крупными городами и обеспечение жизненно важных функций городской среды (транспорт, безопасность, водоснабжение, энергетика и др.), необходимых для удовлетворения потребностей граждан, становятся еще более актуальными. В статье рассмотрена системная многоуровневая архитектура инфраструктуры умных городов, обос-

нована важность уровня сбора информации, который включает множество датчиков, используемых для измерения или обнаружения изменений различных типов физических величин и параметров. Для мониторинга окружающей среды, качества воды и воздуха в реальное время широко используются различные виды биосенсоров. В статье представлена классификация биосенсоров с указанием процентного соотношения патентов по видам трансдюсеров и количества патентов по биоселективным элементам, а также приведено описание автоматизированной системы синтеза новых конструкций биосенсоров на основе энерго-информационного метода (ЭИМ). Система может применяться в научных исследованиях и при опытно-конструкторских работах с целью снижения трудоемкости процесса концептуального проектирования биосенсоров. Использование этой системы позволит сократить время проектирования в среднем на 5-10%.

Ключевые слова: энергоинформационный метод цепей, биосенсоры, умные города, новые технические решения.

THE SYSTEM OF ENSURING QUALITY OF LIFE IN SMART CITY

V. M. Zaripova, I. Yu. Petrova, Yu. A. Lezhnina

Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering, Astrakhan, Russia

The growth of urban population in recent years leads to the active development of urban infrastructure based on information technology and the Internet of Things. On the other hand, a high concentration of the population in urban agglomerations increases the burden on resources such as land, space, clean water and energy. Therefore, the issues of effective management of large cities and ensuring the vital functions of the urban environment (transport, security, water supply, energy, etc.) necessary to meet the needs of citizens, are becoming even more relevant. The article discusses the multi-level system architecture of the infrastructure of smart cities, substantiates the importance of the level of information collection, which includes many sensors used to measure or detect changes in various types of physical quantities and parameters. To real-time monitor the environment, water and air quality, various types of biosensors are widely used. The article presents a classification of biosensors indicating the percentage of the number of patents by type of transducer and the number of patents by bioselective elements, as well as a description of the automated system for the synthesis of new biosensor designs based on the energy-information method (EIM). The system can be used in scientific research and in experimental design work in order to reduce the complexity of the process of the biosensors conceptual design. Using this system will reduce design time by an average of 5-10%.

Keywords: energy information method chains, biosensors, smart cities, new technical solutions.

Введение

В 2010 году 50% населения мира уже проживало в городах. По прогнозам эта цифра вырастет до 75% к 2050 году [1]. Это делает урбанизацию одной из наиболее преобразующих тенденций XXI века. Информационные технологии активно входят в городскую инфраструктуру. В начале XXI века появился термин Smart City («Умный город»), но до сих пор единое определение этого термина отсутствует.

Европейская экономическая комиссия ООН (UNECE) в 2015 году предложила следующее определение умного города: «Умный город - это инновационный город, который использует информационные и коммуникационные технологии (ИКТ) и другие средства для улучшения качества жизни, эффективности городских операций и услуг и конкурентоспособности, обеспечивая при этом удовлетворение потребностей нынешнего и будущих поколений в отношении экономических, социальных, экологических и культурных аспектов» [2].

Рост городского населения в мире обуславливает еще большее экономическое неравенство. Нехватка ресурсов, изменения климата и загрязнение окружающей среды станут еще более серьезными проблемами на глобальном уровне [3]. Города будут особенно уязвимы из-за высокой концентрации населения, которая увеличивает нагрузку на такие ресурсы, как земля, пространство, чистая вода и энергия [4].

Вопросы эффективного управления крупными городами и обеспечение жизненно важных функций городской среды (транспорт, безопасность, водоснабжение, энергетика и др.),

необходимых для удовлетворения потребностей граждан становятся еще более актуальными. Решение этих вопросов возможно только на основе информационных и коммуникационных технологий (ИКТ). Использование ИКТ в «умных городах» позволит снизить потребление энергии, воды и выбросов CO₂. Это улучшит использование существующей инфраструктуры города, предоставит новые услуги гражданам и повысит качество жизни [5].

Системная архитектура инфраструктуры умных городов связана с несколькими новейшими технологиями: информационно-коммуникационными (ИКТ), интернетом вещей (IoT), беспроводными сенсорными сетями (WSN) и др. Инфраструктуру умного города можно представить в виде нескольких слоев, как показано на рис. 1.

На первом слое датчики собирают данные по сети и отправляют их для обработки в центральный процессинговый центр, где формулируются экспертные управляющие решения и обрабатываются большие данные (BigData), которые затем реализуются на прикладном уровне [6-8].

Уровень сбора информации включает множество датчиков, которые можно использовать для измерения или обнаружения изменений различных типов физических параметров. Датчики могут не только собирать данные или определять состояние объекта, но также могут быть интегрированы с электроникой, которая может обрабатывать полученные данные и обеспечивать необходимые действия, устраняя необходимость в ручном осмотре и снижая затраты и потребление энергии.



Рис. 1. Системная архитектура инфраструктуры умного города

Интегрированные системы датчиков для умных городов

Датчики являются важнейшим компонентом любой интеллектуальной системы управления. Сложные городские системы управления требуют множество датчиков различного принципа действия. Разработка новых устройств обнаружения и мониторинга в реальном времени играет важную роль в защите человеческих и экологических ресурсов от вредных веществ. В данной статье рассматриваются вопросы проектирования датчиков для некоторых отдельных аспектов «умных» городов, таких как мониторинг окружающей среды, водные ресурсы, качество воздуха и экологическая безопасность.

Среди множества различных типов датчиков биосенсоры являются наиболее популярными вариантами применения для мониторин-

га окружающей среды, качества воды и воздуха в реальном времени. В работе [9,10] описаны области применения биосенсоров при проектировании систем управления умным городом.

Биосенсоры

В 1997 году Международным союзом теоретической и прикладной химии (IUPAC) введено определение биосенсора, как устройства, состоящего из трансдьюсера и иммобилизованного биологического элемента [11].

Биосенсором называется аналитическая система, содержащая биологический материал (ферменты, клетки, антитела, антигены, рецепторы, фрагменты ДНК), который находится в непосредственном контакте или встроен в физико-химический датчик. Обобщенная схема построения биосенсорных устройств показана на рисунке 2.

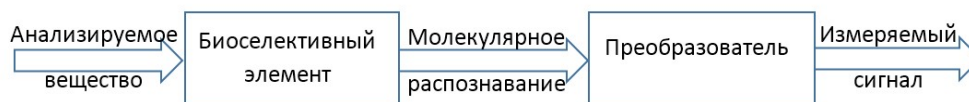


Рис. 2. Обобщенная схема биосенсора

Биосенсоры состоят из 2 частей:

- биологический чувствительный элемент – биоселективный элемент. Это ансамбль биологических молекул, в котором происходят физико-химические процессы, преобразующие свойства исследуемой среды в измеримый сигнал (электрический, оптический, механический, тепловой и т.д.). Например: микроорганизмы, органеллы, клеточные рецепторы, ферменты, антитела, нуклеиновые кислоты, и т.д.;

- преобразователь (трансдьюсер) – преобразует сигнал, появляющийся в результате взаимодействия анализируемого вещества с биосе-

лективным элементом, в другой сигнал, который проще измерить. Используются разнообразные физико-химические принципы действия: оптический, пьезоэлектрический, электрохимический и другие.

Обычно биосенсор предназначен для формирования цифрового электрического сигнала, пропорционального концентрации определенного химического соединения или ряда соединений.

Авторами проведен анализ патентной документации с использованием информационных ресурсов Всемирной организации интеллектуальной собственности (<http://patentscope.wipo.int/>). Предметом поиска были биосенсоры и их

разновидности. Поиск патентов осуществлялся по следующим странам-заявителям: Великобритания, Франция, Япония, Германия, США, Россия, а также по Международной патентной системе (РСТ) и Европейской патентной организации (ЕРО – European Patent Office).

В результате патентного анализа по базам данных Всемирной организации интеллектуальной собственности (<http://patentscope.wipo.int/>) по запросу «biosensor» на английском языке было найдено 99 781 патентов за период 2008 - 2019 г. и только 844 патента по запросу «биосенсор» на русском языке (из них 557 патентов зарегистрировано в России). Динамика изменения количества зарегистрированных патентов по годам показана на рис. 3. Анализ этой диаграммы показывает, что за последние 10 лет интерес к этой тематике в мире постоянен и остается достаточно высоким.

Основное количество патентов, выдаваемых как в России, так и за рубежом относится к классу G01N международной патентной классификации (МПК) – исследование или анализ материалов путем определения их химических или физических свойств (42,4 %).

Причинами роста и непрерывного расширения сферы применения биосенсоров являются: снижение стоимости, повышение долговечности, быстроедействие, надежности, точности и чувствительности; увеличение их функцио-

нальных возможностей. Сегодня биосенсоры широко используются при контроле качества окружающей среды, мониторинге воды, воздуха, токсикологии.

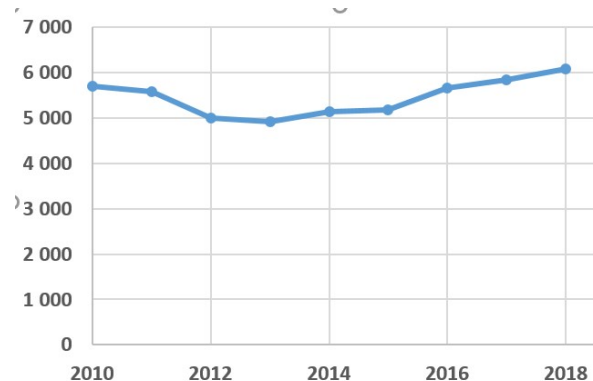


Рис. 3. Динамика изменения количества патентов по биосенсорам

Классификация биосенсоров по принципу действия

Вопросам классификации биосенсоров посвящено большое количество работ [12–14]. На рис. 4 представлена классификация биосенсоров, рассмотренная в данной работе с указанием процентного соотношения патентов по видам трансдюсеров и количества патентов по тест-объектам.

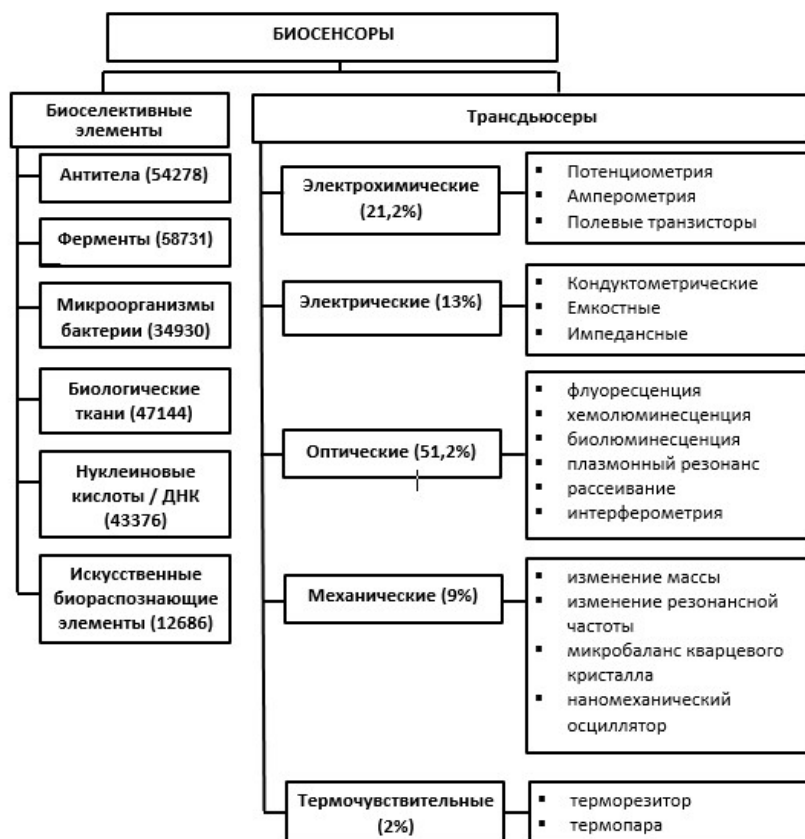


Рис. 4. Классификация биосенсоров

Классификация по биоселективному элементу (по тест-объектам)

Иммуносенсоры (антитела) в качестве биохимического рецептора применяют иммуноглобулины – это защитные белки, которые выделяются иммунной системой организма в ответ на воздействие чужеродных биологических соединений (антигенов). Антитела являются идеальными элементами биораспознавания, которые обеспечивают высокую избирательность и чувствительность. Используются для обнаружения загрязнений окружающей среды, следов наркотических веществ и в токсикологии [15].

Ферментные сенсоры предполагают биологические препараты (гомогенны микробных культур или тканей) или чистые препараты фермента, которые проявляют определенную биологическую активность и генерируют сигнал пропорционально концентрации аналита. Этот сигнал может возникать в результате изменения концентрации протонов, выделения или поглощения газов, таких как аммиак или кислород, испускания света, поглощения или отражения света, выделения тепла и т.д. [16].

Микробные сенсоры задействуют микроорганизмы, которые способны проводить при помощи ферментов превращение определенного вещества. Отличаются от ферментных сенсоров тем, что во время превращения субстрата может использоваться совокупность ферментов, а не только один фермент [17].

Применение срезов биологических тканей позволяет устранить недостатки, присущие ферментным биосенсорам. При этом отпадает необходимость в получении и очистке ферментов. Эти биосенсоры имеют низкую селективность и большее время отклика [18].

ДНК-сенсоры включают нуклеиновые кислоты (ДНК) в качестве биохимического компонента. Биосенсоры на базе надмолекулярных структур клетки находятся в промежуточном положении между ДНК-сенсорами, ферментными и микробными сенсорами, так как в их основе используются внутриклеточные структуры, которые имеют весьма сложное иерархическое строение [19].

Искусственные биораспознающие элементы – аптамеры, пептиды, полимеры, полученные методом молекулярной печати или искусственные ассоциации микроорганизмов, активный ил и др. [20]. Например, в биораспознающем элементе используют смесь из двух или нескольких идентифицированных штаммов. Это позволяет стабилизировать работу сенсора в течении длительного периода и расширить спектр распознаваемых примесей.

Классификация биосенсоров по видам трансдьюсеров представлена ниже.

Электрохимические трансдьюсеры основаны на измерении электрических величин (тока или

напряжения), которые изменяются при взаимодействии между рецептором и аналитом. Потенциометрический сенсор формирует сигнал как разность потенциалов между рабочим электродом и электродом сравнения, иммобилизованными в полупроницаемую мембрану. В амперометрических биосенсорах о концентрации определяемого компонента судят по изменению электрического тока, а не потенциала. В биосенсорах на основе полевых транзисторов (МДП-транзисторов) затвор транзистора выполняет роль индикаторного электрода.

Электрические трансдьюсеры основаны на измерении электрических параметров среды (сопротивление, емкость или импеданс - комплексное электрическое сопротивление). Кондуктометрические сенсоры осуществляют измерение проводимости раствора в ходе протекания аналитической реакции. Кондуктометрические биосенсоры широко используются для мониторинга окружающей среды, в частности воздуха [21]. Импедансные сенсоры основаны на измерении сопротивления в электрохимической ячейке или на фиксировании изменения сопротивления при варьировании вольтамперметрических характеристик [22]. Эти сенсоры перспективны для обнаружения пищевых патогенных бактерий, обладают высокой чувствительностью и быстродействием. Емкостные биосенсоры измеряют изменения диэлектрических свойств и/или толщины диэлектрического слоя на границе раздела электролит/электрод. Емкостные биосенсоры используются для обнаружения белков, нуклеотидов, тяжелых металлов, сахаридов, малых органических молекул и микробных клеток [23].

Оптические биосенсоры основаны на явлениях поглощения, отражения или люминесценции, а так же на эффекте поверхностного плазмонного резонанса. [24,25]. Биосенсоры на основе волоконно-оптических кабелей имеют следующие преимущества: помехоустойчивость, низкий уровень шума. Они используются для обнаружения патогенных микроорганизмов, остатков пестицидов и лекарств, тяжелых металлов и других токсичных веществ при экологическом мониторинге.

Механические биосенсоры основаны на нескольких явлениях. Пьезокварцевый биосенсор – это резонатор с электродами, покрытыми рецепторными молекулами. Аналитическим сигналом служит изменение частоты колебаний резонатора при увеличении массы рецепторного слоя в результате взаимодействия его с аналитом. Пьезокварцевые биосенсоры обладают высокой чувствительностью, быстродействием и селективностью [26]. Наноразмерные механические биосенсоры, в которых деформация или вибрация подвижного элемента изменяется при молекуляр-

ной адсорбции. Эта подкатегория обеспечивают превосходное разрешение по массе – вплоть до одной молекулы. По сравнению с кварцевыми резонаторами размер наномеханического биосенсора позволяет обеспечить разрешение по массе на грани отдельных атомов [27].

Термочувствительные биосенсоры основаны на эффекте выделения теплоты при химической реакции. Эти биосенсоры имеют ряд преимуществ по сравнению с амперометрическими и оптическими методами (легкое изготовление, менее сложные системы обнаружения сигнала) [28]. В качестве трансдюсеров используются термопары, термисторы [29].

Таблица 1
Области применения биосенсоров в системах управления умным городом

Тип биосенсора	Применение в системах управления умным городом	Технические характеристики биосенсоров
Электрохимические биосенсоры	Мониторинг окружающей среды, сточные воды	Высокая чувствительность Широкий линейный диапазон
Электрические биосенсоры	Мониторинг окружающей среды, воздуха	Высокая чувствительность и быстродействие
Оптические биосенсоры	Обнаружение химического реагента в почве, воздухе или воде. Токсикология	Маломощный и недорогой Селективность к аналиту Высокое время отклика
Механические биосенсоры	Мониторинг окружающей среды, пищевые продукты	Недорогой, компактный и портативный. Высокая чувствительность, быстродействие и селективностью
Термочувствительные биосенсоры	Мониторинг окружающей среды	Легкое изготовление, менее сложные системы обнаружения сигнала, универсальность, стабильность

В табл. 1. показаны сравнительные характеристики и области применения биосенсоров в системах управления умным городом.

Проектирование биосенсоров для обеспечения качества жизни в умном городе

Теоретически любой биоселективный элемент можно комбинировать с любым из возможных трансдюсеров, представляющих собой сочетание нескольких физико-технических эффектов. Поэтому возможно большое разнообразие различных видов биосенсоров. В работах авторов [30, 31] приведено описание автоматизированной системы синтеза новых конструкций биосенсоров на основе энергоинформационного метода (ЭИМ).

На рис. 5 показана диаграмма потоков данных (DFD модель) системы концептуального проектирования биосенсоров. Интерфейс системы позволяет пользователю вводить задание на проектирование в виде следующего набора данных: вещество, которое необходимо распознать; вид выходного сигнала тест-объекта; длина цепочки преобразований; вектор значений базового набора эксплуатационных характеристик решений; вектор веса этих характеристик в баллах от 1 до 10, где 1 – наименее значимая, 10 – наиболее значимая характеристика.

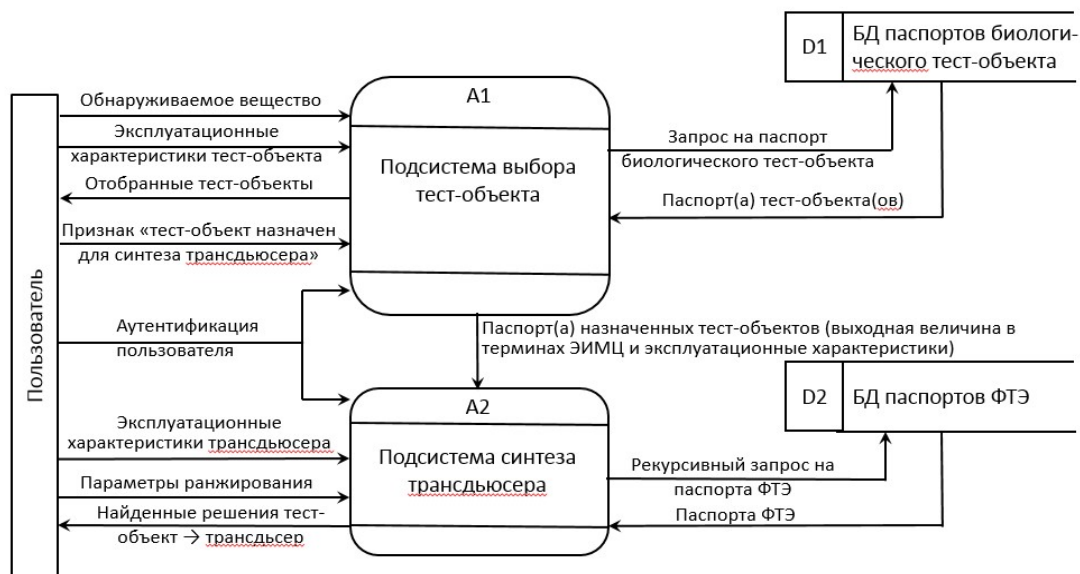


Рис. 5. Диаграмма потоков данных автоматизированной системы

Подсистема выбора биоселективного элемента реализует следующую логику взаимодействия с пользователем:

- запрос к базе данных паспортов биоселективных элементов на основании данных о распознаваемом веществе и его эксплуатационных характеристик. Пример паспорта биоселективного элемента показан на рис. 6;
- подбор из базы биоселективных элементов конечного множества объектов, удовлетворяющих заданным условиям и имеющих вы-

ходную величину совместимую с входной величиной физико-технического эффекта (ФТЭ) из базы паспортов ФТЭ. Выходная величина биоселективного элемента описывается в терминах ЭИМ, что позволяет использовать уже имеющийся объем паспортов ФТЭ [30, 31];

- предоставление пользователю информации о подобранных биоселективных элементах, ранжированных с учетом заданной пользователем значимости эксплуатационных характеристик.

Автоматизированная
Система
Поддержки
Инженерного
Творчества

Интеллект
от идеи к решению...

Инструкция | Поиск

Паспорт #16

Обнаруживаемое вещество Бактерии Escherichia coli антиген вируса кори NovQ/96	Выходная величина в терминах ЭИМЦ Qe [Кл]
--	--

Биорецептор
Тип биорецептора - Иммуносенсор, Фермент - бесферментный
бактерии, вирусы

Реакция химическая
В процессе иммуноанализа на поверхности ТГЭ образуется иммунокомплекс, включающий антитела и бактерии, меченные нанокompозитными наночастицами. Поверхностную концентрацию таких комплексов можно количественно определить по току окисления ферроценовых групп в составе оболочки нанокompозита.
Градуировочное уравнение [1]
 $Q \text{ (мкКл)} = 0,0186 \lg \text{ce.coli (КОЕ/мл)} - 0,0381 \text{ (R} = 0,995\text{)}$.
Линейные градуировочные зависимости [3]
 $Q \text{ (мкл)} = (0,111 \pm 0,003) \cdot \lg \text{ce.coli} + (0,053 \pm 0,009)$
 $Q \text{ (мкл)} = (0,136 \pm 0,002) \cdot \lg \text{st.aureus} + (0,086 \pm 0,008)$

Метод
Бесферментный электрохимический метод с применением магнитных нанокompозитов на основе Fe₃O₄ в качестве детектируемой (электрохимической) сигналообразующей метки при иммуноанализе.

Иммобилизатор
- физическая иммобилизация на поверхности немодифицированного планарного платинового электрода
- иммобилизация на предварительно электроосажденную пленку золота
- иммобилизация на поверхность тиолированных углеродных нанотрубок, предварительно нанесенных на рабочую поверхность электрода.

Электрод
Платиновый электрод или толстопленочный графитосодержащий электрод (ТГЭ), изготовленный на основе графито-эпоксидной пасты вспомогательный электрод - насыщенный Ag/AgCl стеклоглеродный стержень

Примечания
Использование наночастиц, обладающих магнитными свойствами, позволяет включить в процедуру анализа магнитную сепарацию и концентрирование, повысить его чувствительность, селективность и оперативность. Иммуная реакция — взаимодействие антитела с соответствующим антигеном. Происходит в организме при внедрении в него антигенных веществ КОЕ — это аббревиатура, составленная из первых букв слов колониеобразующая единица. Количество микробов измеряется числом КОЕ, выросших в одном литре питательной среды.

Рис. 6. Пример паспорта биоселективного элемента

На основании данных предоставленных подсистемой выбора биоселективных элементов

пользователь может выбрать один из множества объектов или запустить поиск вариантов реше-

ния по всему множеству объектов, передав дальнейшее управление подбором решения подсистеме синтеза трансдьюсера.

Подсистема синтеза трансдьюсера реализует следующую логику взаимодействия с пользователем:

- рекурсивный запрос к базе данных паспортов ФТЭ для построения цепочки преобразований, начиная от заданной выходной величины биоселективного элемента, которая является входной для цепочки преобразований, и заканчивая требуемой выходной величиной трансдьюсера. При этом учитываются ограничения, заданные пользователем по длине цепочки, а также совпадения диапазонов и природ входных и выходных величин эффектов в цепочке, так как в случае несовпадения диапазонов и физической природы величины сигнал не может быть преобразован;

- расчёт вектора значений эксплуатационных характеристик итогового решения по совокупности значений характеристик элементов цепочки преобразований. В качестве значений характеристик ФТЭ используются усредненные значения, описанные для типичной конструктивно-технической реализации данного физического эффекта;

- ранжирование полученных решений по вектору характеристик с учетом весов характеристик, заданных пользователем;

- предоставление пользователю информации о полученном решении в виде набора паспортов – тест-объекта и связанной с ним цепочки ФТЭ.

В результате полученное решение может быть использовано как скелетная конструкция

для создания новых биосенсоров, либо усовершенствовано с помощью базы знаний по приемам улучшения технических и эксплуатационных характеристик физико-технических эффектов.

Заключение

Система управления умным городом требует непрерывного мониторинга параметров окружающей среды (качество воздуха, почвы и воды, температура, влажность, токсичные примеси и др.) и размещения большого количества различных датчиков, среди которых биосенсоры занимают лидирующее положение.

Анализ патентной документации по ведущим странам мира (Великобритания, Франция, Япония, Германия, США, Россия) показал неуклонный рост количества патентов по биосенсорам. Причинами роста и непрерывного расширения сферы применения биосенсоров являются: снижение стоимости, повышение долговечности, быстродействия, надежности, точности и чувствительности; увеличение их функциональных возможностей.

В статье представлена классификация биосенсоров с указанием процентного соотношения патентов по видам трансдьюсеров и количества патентов по биоселективным элементам, а также приведено описание автоматизированной системы синтеза новых конструкций биосенсоров на основе энерго-информационного метода (ЭИМ). Система может применяться в научных исследованиях и при опытно-конструкторских работах с целью снижения трудоемкости процесса концептуального проектирования биосенсоров. Использование этой системы позволит сократить время проектирования в среднем на 5–10 %.

Список литературы

1. UN-HABITAT. 2016b. World Cities Report 2016. Urbanization and development: Emerging futures. Accessed 3 November 2016. <http://wcr.unhabitat.org/main-report/>
2. The UNECE-ITU Smart Sustainable Cities Indicators, URL: http://www.unece.org/fileadmin/DAM/hlm/projects/SMART_CITIES/ECE_HBP_2015_4.pdf
3. Hancke, G. P., Carvalho e Silva, B. & Hancke Jr., G. P. (2013). The Role of Advanced Sensing in Smart Cities. *Sensors*, / (13), 393-425.
4. Li, Y., Lin, Y. & Geertman, S. (2015). The development of smart cities in China. *Proceedings of the 14th Int. Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management I Cambridge, MA USA*, 1-20.
5. Harrison, C. & Abbott Donnelly, I. (2011). A Theory of Smart Cities. *Proceedings of the 55th Annual Meeting of the ISSSI Hull*, 1-15.
6. Su, K., Li, J. & Fu, H. (2011). Smart City and the Applications. *Proceedings of the Int. Conference on Electronics, Communications and Control (ICECC) / Ningbo*, 1028-1031. <https://doi.org/10.1109/ICECC.2011.6066743>
7. Jaradat, M., Jarrah, M., Bousselham, A., Jararweh, Y. & Al-Ayyoub, M. (2015). The Internet of Energy: Smart Sensor Networks and Big Data Management for Smart Grid. *Computer Science*, / (56), 592-597. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.07.250>
8. Bacic, Zeljko & Jogun, Tomislav & Majic, Ivan. (2018). Integrated Sensor Systems for Smart Cities. *Technical gazette*. 25. 277-284. [10.17559/TV-20160620125732](https://doi.org/10.17559/TV-20160620125732).
9. S. Shamsir, I. Mahbub, S. K. Islam and A. Rahman, "Applications of sensing technology for smart cities," 2017 IEEE 60th International Midwest Symposium on Circuits and Systems (MWSCAS), Boston, MA, 2017, pp. 1150-1153. doi: 10.1109/MWSCAS.2017.8053132
10. Bačić, Tjeljko, Tomislav Jogun i Ivan Majić. "Integrated Sensor Systems for Smart Cities." *Tehnički vjesnik* 25, br. 1 (2018): 277-284.
11. Interactive IUPAC Compendium of Chemical Terminology (IUPAC Gold Book) <http://goldbook.iupac.org/>
12. Monosilk, R., Stred'ansky, M. & Sturdik, E. (2012). Biosensors - classification, characterization and new trends. *Acta Chimica Slovaca*, 5(1), pp. 109-120. from doi:10.2478/V10188-012-0017-Z
13. Ali J, Najeeb J, Ali MA, Aslam MF, Raza A (2017) Biosensors: Their Fundamentals, Designs, Types and Most Recent Impactful Applications: A Review. *J Biosens Bioelectron* 8: 235. doi: 10.4172/2155-6210.1000235
14. S. Malhotra, A. Verma, N. Tyagi, and V. Kumar. "Biosensors: principle, types and applications" *Internation Journal of Advance Research and Innovative Ideas In Education*, v. 3 issue 2, 2017, pp. 3639-3644

15. Sharma S, Byrne H, O'Kennedy RJ. Antibodies and antibody-derived analytical biosensors. *Essays Biochem.* 2016;60(1):9–18. doi:10.1042/EBC20150002
16. Rocchitta G, Spanu A, Babudieri S, et al. Enzyme Biosensors for Biomedical Applications: Strategies for Safeguarding Analytical Performances in Biological Fluids. *Sensors (Basel).* 2016;16(6):780. Published 2016 May 30. doi:10.3390/s16060780
17. Liang Su, Wenzhao Jia, Changjun Hou, Yu Lei, *Microbial biosensors: A review*, *Biosensors and Bioelectronics*, Volume 26, Issue 5, 2011, Pages 1788-1799, ISSN 0956-5663, <https://doi.org/10.1016/j.bios.2010.09.005>.
18. Mehrotra P. Biosensors and their applications - A review. *J Oral Biol Craniofac Res.* 2016;6(2):153–159. doi:10.1016/j.jobcr.2015.12.002
19. Kavita V (2017) DNA Biosensors-A Review. *J Bioengineer & Biomedical Sci* 7: 222. doi:10.4172/2155-9538.1000222
20. Tamerler C., Sarikaya M. Molecular biomimetics: nanotechnology and bionanotechnology using genetically engineered peptides / *Phil. Trans. R. Soc. A.* 2009. V. 367. P. 1705–1726.
21. Adley, C.C., Ryan, M.P., 2014. Conductometric biosensors for high throughput screening of pathogens. In: Bhunia, A.K., Kim, M.S., Taitt, C.R. (Eds.), *High throughput screening for food safety assessment: biosensor technologies, hyperspectral imaging and practical applications*. Woodhead Publishing Ltd, Oxford, pp. 315–326 (Chapter14).
22. Elif Burcu Bahadır & Mustafa Kemal Sezgintürk (2016) A review on impedimetric biosensors, *Artificial Cells, Nanomedicine, and Biotechnology*, 44:1, 248-262, DOI: 10.3109/21691401.2014.942456
23. Ertürk G, Mattiasson B. Capacitive Biosensors and Molecularly Imprinted Electrodes. *Sensors (Basel).* 2017 Feb 17;17(2):390. doi: 10.3390/s17020390. PMID: 28218689; PMCID: PMC5336051.
24. Damborský, Pavel & Švitel, Juraj & Katrlík, Jaroslav. (2016). Optical biosensors. *Essays In Biochemistry.* 60. 91-100. 10.1042/EBC20150010.
25. Iah, K & Jha, Shyam & Bhardwaj, Rishi & Sharma, Rajiv & Kumar, Ramesh. (2012). Optical biosensors for food quality and safety assurance-A review. *Journal of food science and technology.* 49. 383-406. 10.1007/s13197-011-0437-6.
26. Arlett, Jessica & Myers, E.B. & Roukes, Michael. (2011). Comparative Advantages of Mechanical Biosensors. *Nature nanotechnology.* 6. 203-15. 10.1038/nnano.2011.44.
27. Tamayo, Javier & Kosaka, Priscila & Ruz, José & Paulo, Alvaro & Calleja, Montserrat. (2012). Biosensors based on nanomechanical systems. *Chemical Society reviews.* 42. 10.1039/c2cs35293a.
28. K. Ramanathan, B. Danielsson, Principles and applications of thermal biosensors, *Biosensors and Bioelectronics*, Volume 16, Issue 6, 2001, pp. 417-423, doi.org/10.1016/S0956-5663(01)00124-5.
29. Ramanathan, Kumaran and Bengt Danielsson. Principles and applications of thermal biosensors. *Biosensors & bioelectronics* 16 6 (2001): 417-23.
30. I. Petrova, V. Zaripova, Y. Lezhnina, I. Mitchenko and V. Sokolskiy, "Conceptual design of biosensors," 2015 6th International Conference on Information, Intelligence, Systems and Applications (IISA), Corfu, 2015, pp. 1-6. doi: 10.1109/IISA.2015.7388016
31. Zaripova V.M., Petrova I.Y. (2017) System of Automated Design of Biosensors. In: Kravets A., Shcherbakov M., Kultsova M., Groumpos P. (eds) *Creativity in Intelligent Technologies and Data Science. CIT&DS 2017. Communications in Computer and Information Science*, vol 754. Springer, Cham

© В. М. Зарипова, И. Ю. Петрова, Ю. А. Лежнина

Ссылка для цитирования:

В. М. Зарипова, И. Ю. Петрова, Ю. А. Лежнина. Системы обеспечения качества жизни в умном городе // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2019. № 4 (30). С. 127–135.

УДК 004.652.4, 004.043

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОЦЕНКИ И ВЫБОРА ТЕХНИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ В СИСТЕМАХ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА

Е. М. Евсина¹, Т. В. Хоменко¹, Н. В. Золотарева²

¹*Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, г. Астрахань, Россия*

²*Астраханский государственный университет, г. Астрахань, Россия*

Предлагается математическая модель для сравнения сконструированных устройств очистки атмосферного воздуха от токсикантов, позволяющая выполнить оценку и выбор технического решения, при различных теоретических платформах моделей движения аэродинамических потоков в системах подачи воздуха в замкнутом и открытом пространствах. Техническое решение рассматривается как модель принципа действия конструируемого устройства, согласно соответствующей математической модели. Совокупность конструируемых устройств очистки атмосферного воздуха от токсикантов определяет множество технических решений. Техническое задание на выбор определяется системой факторов, научно-технической результативности. Каждое техническое решение оценивается в заданной системой факторов. Проверка факторов в отношении технических решений включает в себя: выявление самого близкого аналога; определение признаков, отличающих заявленное техническое решение от самого близкого аналога; установление решений, которые имеют признаки, совпадающие со всеми отличительными признаками технических решений; разность дат публикаций между патентами и их ссылками. Проводимый анализ научно-технического эффекта решений состоит в сопоставлении их преимуществ и недостатков с «базовыми решениями» на основе оценок «лучше – хуже», «выше – ниже», «больше – меньше» и так далее.

Ключевые слова: математическая модель, оценка и выбор технического решения, системы очистки воздуха.

MATHEMATICAL MODELING OF EVALUATION AND THE CHOICE OF TECHNICAL SOLUTIONS IN AIR PURIFICATION SYSTEMS

E. M. Evsina¹, T. V. Khomenko¹, N. V. Zolotareva²

¹*Astrakhan state University of architecture and civil engineering, Astrakhan, Russia*

²*Astrakhan state University, Astrakhan, Russia*