

КОМП'ЮТЕРНІ ЗАСОБИ, МЕРЕЖІ ТА СИСТЕМИ

V.Pisarenko, V.Boyun, J.Pisarenko

CLOSE TO THE REAL TIME TECHNOLOGY FOR FAST IDENTIFICATION AND NEUTRALIZATION OF DANGEROUS TECHNO-ECOLOGICAL ACCIDENCES

The technology for fast identification and neutralization of dangerous techno-ecological accidents is proposed. This technology uses the technopark of mobile robots with elements of artificial intellect, informational-analytical system.

Запропоновано технологію для оперативної ідентифікації та нейтралізації небезпечних техно-екологічних подій. Технологія використовує технопарк мобільних роботів з елементами штучного інтелекту, інформаційно-аналітичну систему.

Предложена технология для оперативной идентификации и нейтрализации опасных техно-экологических происшествий. Технология использует технопарк мобильных роботов с элементами искусственного интеллекта, информационно-аналитическую систему.

© В.Г. Писаренко, В.П. Боюн,
Ю.В. Писаренко, 2009

УДК 004.896

В.Г. ПИСАРЕНКО, В.П. БОЮН, Ю.В. ПИСАРЕНКО

ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОПЕРАТИВНОГО ОБНАРУЖЕНИЯ И НЕЙТРАЛИЗАЦИИ ОПАСНЫХ ТЕХНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОИСШЕСТВИЙ (ТЭП), БЛИЗКАЯ К РЕАЛЬНОМУ ВРЕМЕНИ

Актуальность оперативного опознавания и противодействия ТЭП. Проблемы предвидения и нейтрализации опасных быстропротекающих происшествий техногенного и природного характера, катастроф типа крупных землетрясений, наводнений, а также активизация проявлений терроризма и вооруженных конфликтов в различных районах мира являются актуальной проблемой, требующей радикального решения усилиями всех технически развитых стран мира [1–3].

Среди наиболее значительных техногенных катастроф можно выделить следующие: большие наводнения, разливы нефти, аварии на предприятиях химической промышленности с попаданием большого количества высокотоксичных веществ в реки и водоемы, аварии на предприятиях ядерного цикла. Значительную опасность представляют аварии надводных и подводных судов, а также летательных аппаратов в разных акваториях океана, в особенности, если авария происходит в зоне больших глубин океана и в трудных штормовых условиях, для которых крайне сложно решить проблемы быстрого выявления точного места катастрофы, где затонуло потерпевшее аварию транспортное средство.

Вышеназванные опасные ТЭП в природно-технических комплексах (объектах техносферы) могут в процессе развития привести

к чрезвычайным ситуациям (ЧС), а потому иногда целесообразно использовать для них общий термин ТЭП/ЧС.

В этих условиях значительно повышается актуальность разработки технологий создания интеллектуализированных мобильных устройств для доразведки и нейтрализации опасных событий, если доступ к аварийному объекту людей-экспертов затруднен, очень опасен или принципиально невозможен из-за высокого уровня риска аварии, из-за экстремальных термобарических или радиационных условий окружающей среды, в которых развивается данное ТЭП. Создание интеллектуализированных мобильных устройств для доразведки и нейтрализации ТЭП/ЧС является составной частью более общей актуальной проблемы создания комплексных интеллектуальных технологий поддержки принятия решений для идентификации возникшей ТЭП/ЧС и оптимальном выборе последовательности доступных мероприятий по сокращению жизненного цикла данной ТЭП/ЧС с целью минимизации материального ущерба (создание системы УПРАВЛЕНИЕ_ТЭП) [2, 3].

Технология УПРАВЛЕНИЕ_ТЭП и ее компоненты. Главные потоки сбора информации и принятия решений в системе УПРАВЛЕНИЕ_ТЭП, содержащей компоненты ситуационного центра (СЦ), информационно-аналитической системы (ИАС) с информационным хранилищем (ИХ), технопарком интеллектуализированных роботов-разведчиков (ТИР), согласно работе авторов [3], показаны на рисунке.

В частности, поскольку в процессе развития ТЭП и использования методов нейтрализации (предпринятых ситуационным центром) приводят к обновлению картины развития ТЭП, то необходимо указанные на этом рисунке потоки информации обеспечивать повторно несколько раз (метод рекурсии), причем критерием объема операций «доразведка – принятие решений по нейтрализации ТЭП – осуществление нейтрализации ТЭП» и количество актов рекурсии должно быть подчинено довольно жестким требованиям. Краткая суть этих требований сводится к тому, чтобы как можно раньше и с минимальными ресурсами снизить угрозу дальнейшего ущерба от ТЭП до «пренебрежимо малой» (по сравнению с ожидаемым ущербом от данного ТЭП при тактике полного невмешательства СЦ в процесс разрушительного развития ТЭП). Количественно суть этих требований в работе [2] приведена к формулированию критерия и доказательству некоторой базовой леммы, полученной в [3].

Для целей практического проектирования и использования ТИР решается задача формирования интеллектуальных роботов быстрого реагирования как подраздел авторской технологии УПРАВЛЕНИЕ_ТЭП [3]. Необходимо методом имитационного моделирования с использованием БД и БЗ, ИАС_ТЭП и ИХ_ТЭП (все аббревиатуры см. в [3]) вычислить приемлемый темп, т. е. длину интервала $t \in (\varepsilon, t_{\text{opt}})$ для выполнения полного цикла трех операций: «доразведка + распознавание + нейтрализация» данного опасного ТЭП.

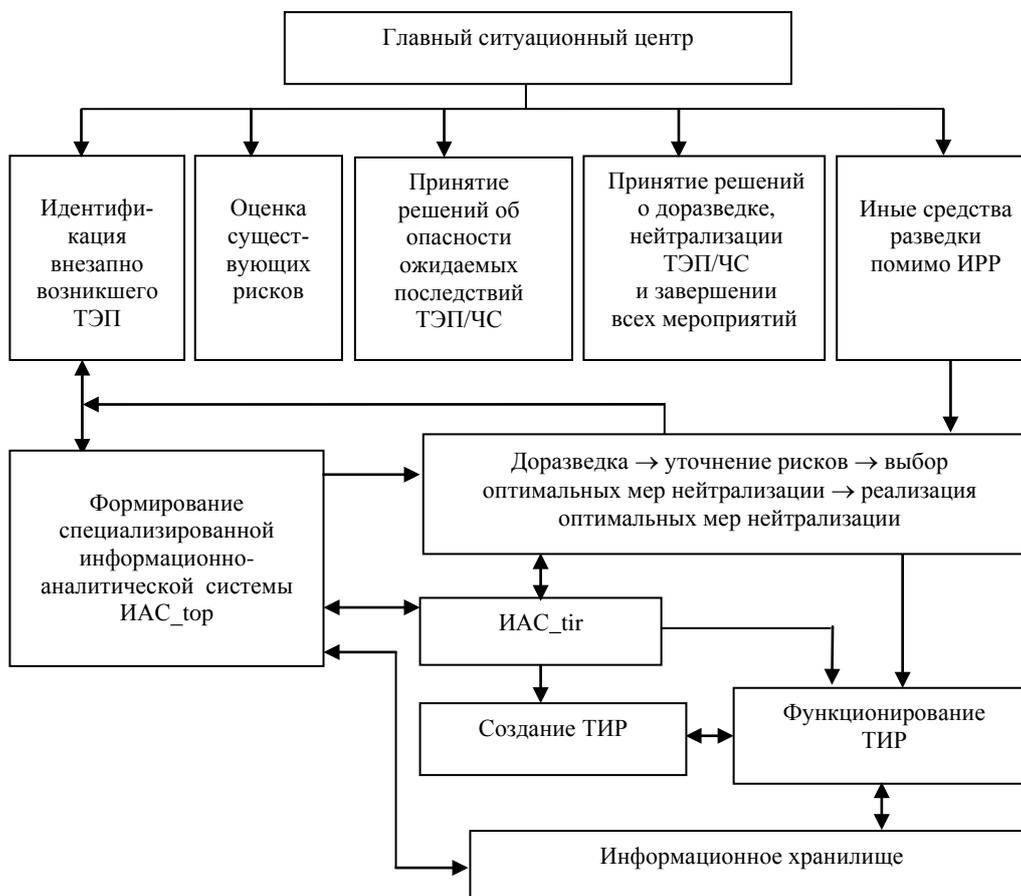


РИСУНОК. Структурно-функциональная схема-граф основных режимов функционирования интеллектуальной системы УПРАВЛЕНИЕ_ТЭП

В работах [2–4] алгоритм предвычисления значения $t_{\text{опт}}$ получается с помощью базовой леммы. Не считая целесообразным здесь давать детальную формулировку леммы и ее доказательства, рассмотрим подробнее важный, и при том весьма распространенный случай, когда помимо указанных в лемме свойств монотонности убывания функции $S_d(t)$ зависимости от времени t затрат на доразведку и нейтрализацию и монотонности возрастания функции $S_y(t)$ накопившегося ущерба к текущему моменту $t \in [\varepsilon, T]$ обе функции $S_d(t)$ и $S_y(t)$ являются выпуклыми книзу функциями своего аргумента.

Для этой ситуации в [3, 4] получены некоторые достаточные условия, обеспечивающие существование минимума суммы $S_d(t) + S_y(t)$ на этом интервале. Алгоритм конкретизации вычисления экстремума (минимума) особенно наглядно получается для достаточно общего случая, когда функции $S_d(t)$ и $S_y(t)$ из

леммы 1 работы [3] допускают мажорирование (целесообразное в силу объективной неполной предсказуемости описания изменчивых внешних для ТЭП условий в данном имитационном моделировании как фактически fuzzy-процессе) сверху и снизу некоторыми монотонными функциями аргумента t : это верхняя $W_y(t)$ и нижняя мажоранты $V_y(t)$ для $S_y(t)$, и аналогично верхняя $W_d(t)$ и нижняя мажоранты $V_d(t)$ для $S_d(t)$ так, что по определению справедливы неравенства

$$W_y(t) > S_y(t) > V_y(t), \quad t \in [\varepsilon, T], \quad 0 < \varepsilon < T,$$

$$W_d(t) > S_d(t) > V_d(t), \quad t \in [\varepsilon, T], \quad 0 < \varepsilon < T.$$

Указанная лемма позволяет получить ожидаемое положение оптимального момента времени $t_{\text{опт}} = t_{\text{расп}} + t_{\text{в}} + t_{\text{н}}$ для данного ТЭП, суть которого в том, что вычисленное $t_{\text{опт}}$ отвечает моменту времени, когда суммарные затраты на доразведку + нейтрализация + накопившийся ущерб от ТЭП минимальны для всего рабочего интервала прогнозирования $t \in [\varepsilon, T]$.

$$t_{\min} - \delta_1 \leq t_{\text{расп}} + t_{\text{в}} + t_{\text{н}} \leq t_{\min} + \delta_2,$$

где $t_{\text{расп}}$ – общее время доразведки, распознавания и идентификации (в соответствии с [3]); $t_{\text{в}}$ – длительность процесса выбора технологий нейтрализации; $t_{\text{н}}$ – длительность процесса нейтрализации ТЭП/ЧС с помощью этих технологий; $\delta_1 > 0$ и $\delta_2 > 0$ – некоторые параметры, означающие оценку вклада стохастичности (из-за неполной предсказуемости описания изменчивых внешних для ТЭП условий в данном fuzzy-процессе).

Таким образом, из леммы следует, в частности, требования на каждом этапе названной рекурсии «доразведка + распознавание + нейтрализация» проводить каждую операцию с максимальной скоростью в рамках требований минимальности затрат на доразведку и нейтрализацию данного ТЭП.

На этом этапе важную роль играют последние достижения динамической теории информации, основы которой заложены в [5, 6]. Согласно этим работам важны следующие приложения динамической теории информации:

1. Системы охраны, видеонаблюдения и слежение за объектами (охрана особо важных объектов, контроль доступа к ним, охрана въезда на территорию).
2. Системы оборонного назначения (визуальный поиск объектов, слежение, прицеливание, интеллектуальные элементы высокоточного оружия, тепловидение).
3. Системы автоматизации производственных процессов (контроль качества, формы; контроль технологических процессов в металлургии; контроль ткацкого холста в текстильной промышленности; идентификация объектов).
4. Системы технического зрения роботов (определение места объектов, отслеживание траектории движения объектов наблюдения, контроль и диагностика функционирующих технических систем).

Для задач данной работы особенно интересны приложения 1, 2 динамической теории информации из этого списка. В частности, для выполнения дистанционного зондирования зоны развивающегося ТЭП целесообразно сопоставить возможности быстрого получения больших объемов информации о текущем состоянии конкретного достаточно ограниченного участка земной поверхности

с использованием комплекта сенсоров видимого ИК-диапазона оптического излучения, излучения радиодиапазона на различных частотах и, возможно, других сенсоров. Требования оперативности многократной доставки сенсоров в расширяющейся области воздействия ТЭП для целей доразведки оставляют возможности использования только для аппаратуры космического базирования, базирования на борту пилотируемых и непилотируемых авианосителей самолетного и вертолетного типа, аэростатов и дирижаблей.

Современные методики дистанционного зондирования (ДЗ) аэрокосмического базирования можно объединить в восемь групп [7], включая следующие:

- панхроматическая видеосъемка (ПВ) участка местности (в диапазоне спектра 450...760 нм с регистрацией на фотопленку);
- многозональная видеосъемка (МЗВС) местности (3–7 узких диапазонов видимого спектра 450...760 нм с регистрацией на фотопленку или на сенсорную матрицу фотоприемников с аналоговым или цифровым выходом);
- гиперспектральная съемка (ГСС) местности (от десятка до сотни узких диапазонов видимого спектра 450... 1060 нм с сенсорной матрицей фотоприемников, цифровым или аналоговым выходом);
- инфракрасная съемка (ИКС) местности в диапазоне 770...1400 нм. Классы МЗВС и ГСС объединяются в класс мультиспектральных съемок (МСС).

В последние годы конкуренция на мировом рынке предложений авиа-космоснимков стимулирует прогресс в таких направлениях:

1. Получение стереоизображений и построение цифровых моделей рельефа местности с точностью до метров (например, аппаратура HRS спутника Spot5, позволяет строить цифровые модели рельефа местности с точностью до 10 м).
2. Улучшение разрешения космо-снимков за счет перевода носителя для съемок на более низкую орбиту. Например, очередной КА QuickBird-2 запускается на низкую рабочую орбиту (от 600 до 450 км), что улучшает разрешение снимков в панхроматическом режиме от 1 до 0,6 м (разрешение многоспектральных снимков улучшается от 3,8 м до 2,5 м).
3. Объединение информации от черно-белого снимка с высоким разрешением и многоспектрального цветного с меньшим разрешением. (Например, Американская компания Space Imaging получает таким комбинированным способом со спутника Ikonos на солнечно-синхронной околополярной орбите цветные фотоснимки земной поверхности с разрешением 1 м).
4. Использование цифрового формата для получаемых мультиспектральных изображений обеспечивает регистрацию как медленно протекающих событий (например, при оценке степени загрязнения поверхности воды различными веществами, оценки состояния сельскохозяйственных угодий), так и быстропротекающих событий (типа оперативной оценки ситуации в районе стихийных бедствий, районах экологических катастроф). Такие технологии на спутнике Ikonos позволяют оперативно определять из космоса, например, марку автомобиля и его цвет.
5. Дальнейший прогресс в спутниковой аппаратуре ИК-диапазона после успеха в зоне Персидского залива в 1991 г. геостационарных спутников США

серии DSP (Defense Support Program) с большими бортовыми ИК-телескопами будет связан, по-видимому, с усовершенствованием разрешения ИК-спутников типа серии SBIRS (Space Based Infrared Systems, США), которые должны будут выполнять ИК-съемку участка 16 x 120 км с разрешением не хуже 30 м.

6. Как одно из значительных достижений современных средств дистанционного мониторинга земной поверхности следует выделить успешное выполнение в феврале 2000 г. американским «космическим челноком» "Endeavor" сверхточного изображения земной поверхности. С помощью специального радара была проведена электронная съемка в любых погодных условиях с высокой разрешающей способностью. Удалось получить электронное объемное (стереоскопическое) изображение земного шара. Полученный материал был использован для составления цифровых карт рельефа местности с дискретностью 30x30 м в пределах от 56° южной широты до 60° северной широты нашей планеты.

7. Аналитики ожидают, что в ближайшие годы в мире сохранится устойчивый спрос на видовую съемку больших площадей с низким и средним разрешением и с передачей изображений в режиме on-line.

Для основных задач данной работы, связанных с применением теории динамической информации, авторами выявлены такие дистанционные технологии повторной съемки заданного участка местности (зона воздействия ТЭП), которые могут обеспечить повторную съемку интересной зоны с обновлением через 10 – 1000 минут.

Космические методы съемки оказываются ограниченно пригодными, но отрицательной стороной их использования есть высокая стоимость и неприемлемо большое запаздывание от момента регистрации первых признаков начавшегося ТЭП до момента съемки «под экстренный заказ», а тем более до момента доставки информации в соответствующий региональный ситуационный центр. Конкурировать могут только пилотируемые и беспилотные средства дистанционного зондирования авиационного (воздушного) базирования. При этом по стоимости снимка нужного участка, оперативности начала цикла съемок и интервалу между повторными съемками беспилотные средства (к ним относятся ИРР, принадлежащие к ТИР) значительно более приемлемы (с точки зрения естественных количественных критериев из базовой леммы), нежели пилотируемые средства дистанционного зондирования ДЗ.

С точки зрения оценки темпов обработки входных информационных потоков для задач оперативного опознавания и противодействия типовым ТЭП следует отметить, что в Институте кибернетики им. В.М. Глушкова НАН Украины разработана интеллектуальная видеокамера, способная проводить распознавание изменившихся элементов в отснятом потоковом видео. Разработанная видеокамера по сравнению с ближайшим аналогом VS 710 фирмы Siemens обладает значительно более высокой производительностью и меньшим энергопотреблением. Это указывает на возможность создания конкурентоспособных отечественных интеллектуальных видеоустройств из зарубежных комплектующих. Кроме того, возможности современной элементной базы позволяют на порядок

повысить производительность сигнального процессора, расширить объем памяти и количество каналов связи.

Описанные информационные технологии и концепция УПРАВЛЕНИЕ_ТЭП демонстрируют определенные возможности усовершенствования средств наблюдения и опознавания опасных ТЭП. Применение новых информационных технологий даст снижение ущерба, приносимого ТЭП, внося тем самым вклад в решение вышесформулированных задач предвидения и нейтрализации опасных быстропротекающих происшествий техногенного и природного характера.

1. *Кривонос Ю.Г., Писаренко В.Г., Чайковский О.И.* Интеллектуальные системы принятия оптимальных решений при комплексном распознавании, доразведке и нейтрализации опасного экологического происшествия // Искусственный интеллект. – 2004. – № 3. – С. 128–345.
2. *Писаренко Ю.В.* Віртуальне проектування інтелектуалізованих роботів для розвідки і нейтралізації небезпечних екологічних подій: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Київ: Ін-т кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України, 2005. – 20 с.
3. *Писаренко В.Г., Писаренко Ю.В.* Интеллектуальное управление опасными техноэкологическими происшествиями. – М.: Астра, 2005. – 124 с.
4. *Писаренко В.Г., Писаренко Ю.В.* Вопросы виртуального проектирования систем, ориентированных на создание интеллектуализированных роботов для мониторинга экстремальных состояний техносферы. Ч. 1 // УСиМ. – 2005. – № 4. – С. 8–18.
5. *Писаренко В.Г., Боюн В.П., Мерзвинский А.А., Писаренко Ю.В.* Актуальные задачи технологий распознавания образов при мультиспектральном дистанционном зондировании в экологии и экстремальных ситуациях // Материалы I междунар. конф. «СВЧ и оптические информационные технологии-2004». – Киев: Политехника, 2004. – С. 9–13.
6. *Боюн В.П.* Інтелектуальні відеосистеми реального часу // Праці міжнар. конф. «50 років Інституту кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України». – К., 2008. – С. 177–181.
7. *Кривонос Ю.Г., Писаренко В.Г., Чайковский О.И.* Интеллектуальное управление экологической безопасностью в нечетких средах с многомерной поисковой маршрутизацией // Материалы XI междунар. конф. по автоматическому управлению. – Киев, 2004. – 4. – С. 10–15.

Получено 10.08.2009