

РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ ОПЕРАТИВНО-СЛУЖЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЦИФРОВОЙ ПОЛИЦИИ В ИНФОРМАЦИОННОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Сухов А. В.¹, Конюшев В. В.²

Ключевые слова: эргатическая система (эргасистема), цифровая полиция, оперативно-служебная деятельность, модели применения компонентов, информационная область, предметная область, оптимальное управление, энтропия покрытия.

Аннотация

Цель работы: разработка моделей оперативно-служебной деятельности в информационном пространстве, основанном на энтропии покрытия, обеспечивающих оптимизацию структуры цифровой полиции.

Методы: концептуально-логическое моделирование информационных процессов с применением аппарата оптимального управления на основе принципа максимума Понтрягина, комплексный ИКС-подход («информационно-кибернетически-синергетический»).

Результаты: рассмотрены вопросы создания информационных моделей оперативно-служебной деятельности в целях обеспечения рационального применения цифровых средств в подсистемах эргасистемы «цифровая полиция»; с позиций информационной теории эргасистем как общей методологии исследования человеко-машинных систем управления сложными динамическими объектами предлагается комплексный подход к построению моделей применения компонентов цифровой полиции в оперативно-служебной деятельности органов внутренних дел Российской Федерации; цифровая полиция рассматривается как эргасистема, включающая технические, технологические, экономические, экологические, организационные, правовые и другие комплексы и отношения, которая должна обеспечивать эффективное выполнение правоохранительных задач; дана математическая модель пространства ресурсного обмена, которая от непрерывного времени преобразована в представление в конечных разностях.

DOI: 10.21681/1994-1404-2022-4-49-58

Введение

С целью реализации государственных задач, поставленных в Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации³ и Национальной программе «Цифровая экономика Российской Федерации»⁴, предусматривающих интенсивное использование информационных и коммуникационных технологий органами государственной власти Российской Федерации, бизнесом и гражданами, на протяжении ряда лет в России проводятся исследова-

ния, направленные на создание и развитие «цифровой полиции» [1, 18, 19].

Целесообразно разрабатывать рекомендации и указания по развитию цифровой полиции научно обоснованными методами. Одним из возможных обоснованных подходов является представление взаимодействующих элементов системы правоохранительных служб и органов «цифровая полиция» в *информационном пространстве* [6, 8] отношений, в котором можно решать оптимизационные задачи математическими методами. При этом удобно образовать информационное пространство на адекватной информационной мере — *энтропии покрытия* [6, 7, 16].

Цифровая полиция как эргатическая система

Для определения понятия «цифровая полиция» возможно её представлять как эргатическую систему (эргасистему) [6, 7], включающую технические, технологические, экономические, экологические, организа-

³ Стратегия развития информационного общества в Российской Федерации на 2017—2030 годы (утв. Указом Президента Российской Федерации от 9 мая 2017 г. № 203).

⁴ Паспорт национального проекта «Национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации» (утв. Президиумом Совета при Президенте РФ по стратегическому развитию и национальным проектам, протокол от 4 июня 2019 г. № 7).

¹ Сухов Андрей Владимирович, доктор технических наук, профессор, старший научный сотрудник НПО «Специальная техника и связь» МВД России, г. Москва, Российская Федерация.

E-mail: avs57@mail.ru

² Конюшев Валерий Вениаминович, старший научный сотрудник НПО «Специальная техника и связь» МВД России, г. Москва, Российская Федерация.

E-mail: klvvvk@mail.ru

ционные, правовые и другие комплексы и отношения, которая должна обеспечивать эффективное выполнение правоохранительных задач.

В работах [1, 18—20] дано определение места цифровой полиции в структуре экосистемы, сформулированы основные понятия и признаки цифровой полиции как эргасистемы. В этих работах содержится также обзор основных направлений развития цифровой полиции и определены концептуальные подходы к созданию облика цифровой полиции, соответствующего стратегическим направлениям развития информационного общества и цифровой экономики в Российской Федерации. На основе концептуально-логического моделирования *информационных процессов* с применением с принципа максимума Понтрягина⁵ [9, 18] к задаче оптимального управления предлагаются методические подходы к созданию математической модели информационного взаимодействия в эргасистеме «цифровая полиция» (ЭЦП).

Важное место в системе понятий, относящихся к ЭЦП, занимает понятие *информационно-коммуникационной технологии* «цифровая полиция» [17, 20], определяемое как совокупность цифровых технологий, методов, сценариев деятельности, программно-технических средств, интегрируемых с целью сбора, обработки, хранения, распространения, отображения и использования информации в интересах информационного обеспечения деятельности сотрудников органов внутренних дел (ОВД) Российской Федерации и полицейской робототехники, электронного предоставления государственных услуг населению.

В состав ЭЦП входят следующие основные компоненты:

- комплексы технологических и коммуникационных решений, используемых для выполнения оперативно-служебных задач с применением робототехнических средств;
- полицейские робототехнические комплексы (ПРТК);
- комплекс цифровых информационно-коммуникационных средств сотрудников цифровой полиции;
- комплекс средств управления ПРТК.

ЭЦП обеспечивает управление и информирование компонентов полицейской робототехнической системы в едином цифровом *информационном пространстве* [6, 8] в реальном времени. Проектирование ЭЦП направлено на объединение различных технических средств и «цифровых полицейских» в единую систему. Кроме того, ЭЦП обеспечивает более эффективное использование информационных ресурсов и формирование *единого цифрового информационного пространства* (ЕЦИП) МВД России [10, 17].

Информационные технологии, которые применяются в оперативно-служебной деятельности ОВД, преимущественно обеспечивают работу с базами данных

и текстовыми документами. Использование информационно-аналитических технологий, в том числе технологий *искусственного интеллекта*, в настоящее время не имеет необходимого масштаба внедрения в повседневную деятельность сотрудников ОВД. Поэтому особенно актуально стоят *проблемы* разработки и внедрения в практику правоохранительной деятельности инновационных информационно-аналитических технологий и соответствующих им методик применения и программного обеспечения.

Системной основой для построения ЭЦП и обеспечения ее эффективного применения являются анализ и моделирование процессов деятельности. Процессы деятельности структурируются по задачам оперативно-служебной работы и описываются соответствующими сценариями выполнения мероприятий. Важно заметить, что перспективные разработки сценариев деятельности цифровой полиции необходимы для построения концептуальной модели развития ОВД. Работа варианты таких сценариев могут быть построены с учётом насущных требований практики работы подразделений ОВД в целом на основе анализа достижений в этой области в других странах, а также прогнозирования развития техники и технологий.

Целесообразно также использовать опыт отраслей экономики, которые организуют свою деятельность в условиях воздействия следующих факторов:

- использование мобильной рабочей силы;
- необходимость обрабатывать и анализировать огромные объёмы данных [21], чтобы принимать решения и оперативно применять их;
- необходимость взаимодействия с клиентами по нескольким каналам;
- обеспечение способности оперативно реагировать на запросы клиентов.

Модели оперативно-служебной деятельности цифровой полиции

Концепция «цифровой полиции» должна рассматриваться на протяжении всего жизненного цикла правоохранительной деятельности: предупреждения преступности, реагирования и расследования.

Соответственно, цифровые технологии могут расширить возможности деятельности ОВД через развитие по четырём направлениям:

Предупреждение преступлений. Сдерживание преступной деятельности через активные действия, основанные на аналитических и доказательных данных.

Взаимодействие и управление с использованием цифровых средств. Взаимодействие с гражданами, онлайн-отчётность о преступности, различные источники получения данных мониторинга факторов криминальных ситуаций, расследование через социальные сети и цифровые каналы без непосредственных контактов с полицейскими.

Оптимизация деятельности мобильных сотрудников. Регулярное патрулирование, использование мо-

⁵ Понтрягин Л. С. Избранные научные труды. В 3 т. М.: Наука, 1988.

бильных средств для получения и передачи команд и данных, актов задержания, записи доказательств.

Цифровое расследование. Формирование и оперативное сопровождение файлов цифровых дел, содержащих доказательства и актуальные криминалистические данные, подготовленные мобильными сотрудниками и передаваемые в режиме реального времени в следственные органы.

Применение цифровых технологий по этим четырём направлениям позволит полицейским силам наиболее полно и разумно использовать свои ресурсные возможности, лучше учитывать особенности преступной деятельности, заблаговременно, оперативно и целенаправленно реагировать благодаря обмену информацией в режиме реального времени и эффективному принятию решений.

С позиций *информационной теории эргасистем* [6, 7] как общей методологии исследования человеко-машинных систем управления сложными динамическими объектами предлагается использовать *проблемно-ориентированный комплексный ИКС-подход* («информационно-кибернетически-синергетический») [6, 8, 11] к построению моделей применения компонентов эргасистемы цифровой полиции в оперативно-служебной деятельности ОВД. Цифровая полиция рассматривается как эргасистема, включающая различные комплексы и отношения, которая должна обеспечивать эффективное выполнение правоохранительных задач.

Множество сценариев должно быть описано *информационными моделями*, адекватными целям применения цифровых средств, прежде всего повышению эффективности правоохранительной деятельности⁶ [2, 16—20]. Для этого необходимо изучение процессов приема-передачи, аналитической обработки и формирования информации для поддержки принятия решений сотрудниками ЭЦП и получения дополнительной информации.

Построение информационных моделей должно быть основано на *системном анализе* решаемых задач [9]. *Концептуальная модель* включает в себя описания объектов, субъектов и их взаимосвязей, представляющих интерес в рассматриваемой предметной области и выявляемых в результате анализа типовых процессов. При анализе типовых процессов полезно ответить на шесть вопросов: *что, как, где, кто, когда и почему* делает?

В первую очередь должны быть получены ответы на вопросы:

1. Какие процессы оперативно-служебной деятельности могут и должны быть преобразованы при помощи цифровых технологий?
2. Какие необходимы новые процессы?
3. Как повысить степень автоматизации и обеспечить совершенствование аналитических возможностей системы за счёт применения цифровых средств?

⁶ Литвинцева Н. А. Психологические тесты для деловых людей. М.: Интел-Синтез, 1996. 317 с.

В качестве *источников* исходной информации для построения моделей должны использоваться: нормативные акты и документы (законы, наставления, инструкции и др.); требования специалистов из опыта реальной работы; экспертные оценки.

С целью реализации *комплексного ИКС-подхода* к разработке моделей оперативно-служебной деятельности подразделений цифровой полиции *предлагается* следующая логическая последовательность основных действий:

- анализ деятельности выбранного подразделения с целью подробного описания всех его процессов и задействованных ресурсов;
- формализованное описание алгоритма работы выбранного подразделения при выполнении процессов оперативно-служебной деятельности;
- определение ключевых факторов эффективности выполнения конкретных процессов оперативно-служебной деятельности;
- оценка эффективности процессов и возможностей её повышения за счёт оптимизации выполнения процессов;
- анализ возможностей снижения загруженности личного состава и целесообразности изменения распределения материальных и людских ресурсов;
- распределение всех процессов на две категории: подлежащих и не подлежащих цифровизации;
- построение информационных моделей, удобных для разработки компьютерных программ, моделирующих процессы, которые подлежат цифровизации;
- создание алгоритмов функционирования информационно-аналитической системы оперативного реагирования и предупреждения происшествий, в том числе с применением технологий искусственного интеллекта.

Главная *цель* внедрения предлагаемого подхода — выяснить и наглядно показать, какие процессы подразделения необходимо переводить в цифровой формат, какие нецелесообразно, а какие просто невозможно. При этом необходимо выделять следующие виды процессов оперативно-служебной деятельности цифровой полиции:

- процессы с постоянными параметрами;
- процессы с переменными параметрами, в том числе процессы стохастического характера;
- непереводимые в цифровой вид процессы.

В качестве примера построения моделей оперативно-служебной деятельности рассмотрим модель *информационного взаимодействия* компонентов ЭЦП при выполнении специальных мероприятий [2]. Современный этап научно-технического развития органов ОВД неразрывно связан с применением различных робототехнических средств. В настоящее время продолжают развиваться мероприятия по интеграции робототехники воздушного, наземного и морского базирования в состав полицейских робототехнических комплексов (ПРТК), созданных на базе специальных транспортных средств, хорошо

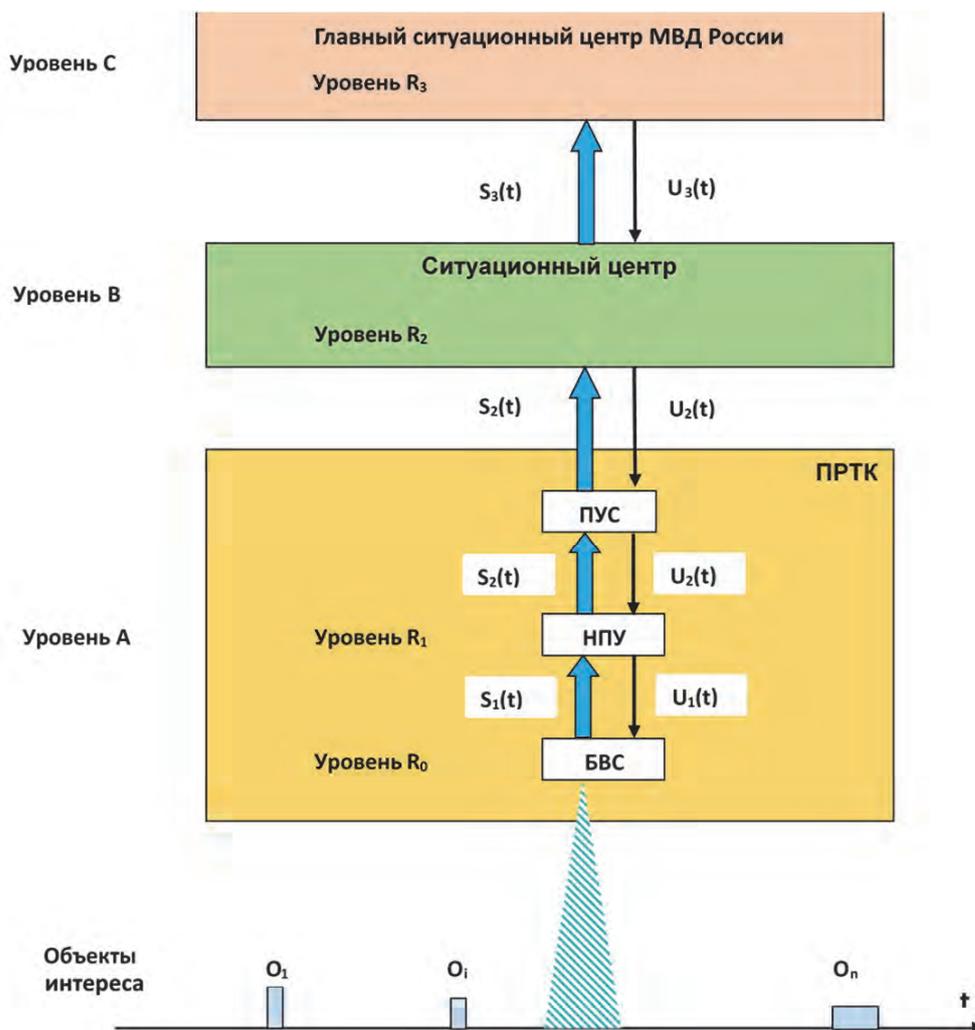


Рис. 1. Модель управления и информационного взаимодействия элементов ЭЦП

зарекомендовавших себя в процессе эксплуатации при выполнении оперативно-служебных задач.

Указанные ПРТК имеют в своем составе *беспилотные воздушные суда* (БВС), полезная нагрузка которых соответствует различным задачам информационной и технической поддержки правоохранительной деятельности ОВД [3, 4, 12]. Одной из важных задач, которые можно выполнить с применением БВС, является *задача наблюдения* объектов интереса, расположенных на земной поверхности и во внутренних водах.

Для обнаружения, распознавания, идентификации объектов интереса, как правило, в первую очередь необходимо получить *оперативную видеoinформацию* [12]. В связи с этим чрезвычайно актуальными являются вопросы системной организации получения, трансляции, обработки и анализа потокового видео как информационной составляющей, предъявляющей особенно высокие требования ко всем компонентам ЭЦП.

Площадь, которая должна исследоваться в процессе наблюдения, обычно разбивается на полосы захвата, соответствующие техническим возможностям прибор-

ного оборудования, установленного на БВС. В зависимости от требуемой *оперативности* получения осведомляющих данных и имеющихся возможностей вся площадь района может быть исследована несколькими БВС или одним за несколько пролетов. Мониторинг производится по определённому алгоритму.

Особенности применения БВС в ходе *специального мероприятия* для обнаружения, распознавания и идентификации объектов интереса, а также вопросы построения информационных моделей в форме алгоритмов роботизированного мониторинга рассмотрены в [2, 17]. Компоненты ЭЦП рассматриваются на примере наземной среды применения.

При этом *цели* специального мероприятия:

- осуществить наблюдение объекта (обнаружение, распознавание, идентификацию) с использованием БВС;
- транслировать видеосигнал наблюдения с борта БВС в ситуационный центр подразделения ОВД;
- управлять силами и средствами ОВД в соответствии с информацией, поступающей от БВС.

- Для проведения специального мероприятия используются следующие специальные технические средства и системы (рис. 1):
- БВС самолетного типа со штатной оптико-электронной нагрузкой и наземным пунктом управления;
- единая информационно-телекоммуникационная система (ЕИТКС) органов внутренних дел, обеспечивающая передачу данных между региональным ситуационным центром уровня **B** и главным ситуационным центром уровня **C** (ГУВД);
- подвижный узел связи (ПУС) со средствами и системами связи и телекоммуникации: сеть Интернет, ведомственная сеть передачи данных (абонентский пункт ЕИТКС), спутниковая связь.

На рис. 1 представлена визуальная модель управления и информационного взаимодействия элементов ЭЦП и применены следующие обозначения:

$S_1(t)$ — видеосигнал, транслируемый с БВС на наземный пункт управления (НПУ) после первичной обработки программно-аппаратными средствами БВС;

$S_2(t)$ — видеосигнал, транслируемый в ситуационный центр после обработки программно-аппаратными средствами НПУ;

$S_3(t)$ — видеосигнал, транслируемый в главный ситуационный центр после обработки программно-аппаратными средствами ситуационного центра предыдущего уровня;

$U_1(t), U_2(t), U_3(t)$ — управляющие сигналы уровней R_1, R_2, R_3 соответственно. Уровень R_0 соответствует уровню БВС, уровень R_1 — уровню НПУ, уровень R_2 — уровню **B**, уровень R_3 — уровню **C** (главного ситуационного центра).

Информационная подсистема (ИПС) ЭЦП решает целевые задачи на основе сбора и обработки информации об объектах интереса, при этом выполняются функции по обнаружению, распознаванию и идентификации исследуемых объектов. При решении целевых задач ИПС взаимодействует с окружающей средой, другими системами и с информационными системами высших уровней.

Объект интереса можно представить вектором состояния X_S , компонентами которого в зависимости от решаемой прикладной задачи могут являться пространственные координаты, идентификационные показатели принадлежности к определенному классу объектов, энергетические (электромагнитные) характеристики и прочие показатели. Эти характеристики и показатели, как правило, имеют динамический характер поведения.

Динамику вектора состояния объекта представим в дифференциальном виде уравнением состояния:

$$\frac{dX_S(t)}{dt} = f(X_S(t), t) + n_S(t), \quad (1)$$

где $f(\cdot)$ — некоторая векторная функция; $n_S(t)$ — векторная функция шума, характеризующая влияние совокупности случайных факторов окружающей среды.

На уровне **A** взаимодействия элементов ЭЦП (см. рис. 1) проводится первичный сбор информации об

объекте интереса. При этом требуется получить оценку вектора состояния объекта с требуемой точностью, что можно охарактеризовать как *требование* добиться рассогласования истинного значения вектора состояния и его оценки X_S^* в пределах некоторого допустимого множества $\Delta X_{\text{доп}}$:

$$X_S - X_S^* \in \Delta X_{\text{доп}}. \quad (2)$$

Оценить степень рассогласования и оптимизировать поиск оптимальной оценки возможно с применением аппарата оптимальной нелинейной фильтрации в предметной области значений компонентов вектора состояния и аппарата оптимального управления (принцип максимума Понтрягина) с использованием энтропии покрытия [6, 15], позволяющей математически строго сформулировать задачу оптимального управления. При этом энтропия покрытия определяется следующим образом:

$$H_{\Pi} = \log \left(\frac{\|(X_S \setminus X_S^*) \cup \Delta X_{\text{доп}}\|}{\|\Delta X_{\text{доп}}\|} \right), \quad (3)$$

где символ «\» означает разность множеств; двойные прямые скобки « $\|\cdot\|$ » означают операцию взятия нормы.

Изменение энтропии покрытия в процессе проведения наблюдения образует информацию об объекте интереса. Поток передаваемой информации представляют собой *осведомляющую информацию*, потоки управляющих воздействий представляют собой *управляющую информацию*. Совокупность последовательных действий, направленных на изменение состояния информации об объекте, которая на выходе функциональной подсистемы управления приводится к управляющей информации, представляет собой *технологический процесс переработки информации* [6, 7].

В [15, 18] представлены выражения по оптимизации информационных потоков в понтрягинской форме. В общем виде целевой функционал представляется следующим образом:

$$F = H_{\Pi}(X_S(t_H), t_H) - H_{\Pi}(X_S(t_K), t_K) + \int_{t_H}^{t_K} u^t(X_S(t), t) V h_{\Pi/J}(X_S(t), t) dt \rightarrow \min_u, \quad (4)$$

где $h_{\Pi/J}$ — вектор производной по времени от условной энтропии покрытия по J элементам, взаимодействующим с объектом управления; $u^t(X_S, t)$ — вектор управляющих воздействий на информационные потоки (в терминах энтропии покрытия) от взаимодействующих элементов; V — матрица связей объекта и управляющих элементов, которая настраивается по конкретным связям оцениваемых компонентов вектора состояния с элементами системы; $H_{\Pi}(X_S, t_H), H_{\Pi}(X_S, t_K)$ — терминант функционала, образуемый энтропией покрытия объекта в начальный и конечный моменты времени наблюдения соответственно.

Элементы ИПС в информационном пространстве также отображаются своим значением энтропии покрытия, которая рассчитывается по соответствию ресурсов этих элементов их нормативным значениям. Тогда уравнения ограничений для элементов ИПС будут иметь вид неравенств с левой частью, подобной выражению (4).

Математическая модель пространства ресурсного обмена цифровой полиции

Выработка управляющих воздействий осуществляется в *информационном* пространстве, но реализация управляющих воздействий проводится в пространстве *ресурсного обмена* ИПС, причём в процессе выработки управляющих решений уравнениями связи определено использование вектора ресурсов для элементов ЭЦП. Поэтому следует определить математическую модель пространства ресурсного обмена.

В *предметной области* отношений проводится обмен компонентами технической и социальной составляющих вектора ресурсов R ЭЦП [15]:

$$R = R_T \cup R_C.$$

Техническая составляющая R_T представляет собой обобщённый вектор технического ресурса каждого из элементов ЭЦП (компонентами вектора могут быть, например, денежный фонд, объём капитальных вложений, основные показатели состояния технических систем, элемента, имеющиеся энергетические запасы).

Для социальных компонентов вектора удобно использовать иерархическую семиуровневую модель потребностей А. Маслоу⁷ [14]:

7. *Потребности самоактуализации.* Стремление реализации своих способностей, к развитию собственной личности.

6. *Эстетические потребности.* Стремление к гармонии, симметрии, порядку, красоте.

5. *Познавательные потребности.* Стремление много знать, уметь, понимать, исследовать.

4. *Потребности уважения, почитания.* Стремление к компетентности, достижению успехов, одобрению, признанию авторитета.

3. *Потребность в принадлежности и любви.* Стремление принадлежать к общности, находиться рядом с людьми, быть признанным и принятым ими.

2. *Потребности в безопасности.* Стремление чувствовать себя защищённым, избавиться от страха и жизненных неудач.

1. *Физиологические (органические) потребности* (голод, жажда, инстинкты и др.).

Эта иерархическая пирамида характерна тем, что без удовлетворения базовых потребностей нижнего уровня нет необходимости в удовлетворении потребностей более высокого уровня. Также следует заметить, что такая иерархическая схема применима как к отдельному человеку, так и к коллективу исполнителей. Приведём слова писателя Джона Стейнбека: «Человек в группе не является самим собой: он — одна из клеточек организма, столь же отличного от него, как клетки вашего тела отличаются от вас»⁸. То есть

каждый коллектив исполнителей обладает собственными индивидуальными особенностями, а также испытывает необходимость удовлетворения определённых потребностей.

Среди вариантов обобщения семиуровневой модели А. Маслоу [13, 14] представляется целесообразным остановиться на варианте из четырёх основных уровней, наиболее значимых для коллективов ЭЦП. В обобщённом варианте модели (рис. 2) основными являются следующие потребности:

- духовные, удовлетворённости достигнутыми результатами и стремление к большим достижениям;
- социальной удовлетворённости, обеспечения необходимыми социальными благами;
- безопасности, уверенности в будущем, уверенности в надёжности общественно-политического строя, процветании и развитии своей организации;
- физиологические, потребности выживания.



Рис. 2. Обобщенная иерархия потребностей ЭЦП по А. Маслоу

Таким образом, вектор социальных потребностей имеет вид:

$$R_C^T = (R_{Дух}, R_{уд}, R_{Без}, R_{Выж}), \quad (5)$$

где верхний индекс «Т» означает операцию транспонирования.

Для связи между количественным и качественным представлениями этих компонентов предлагается использовать адаптированную к рассматриваемому материалу таблицу количественных оценок [5].

Группу социальных компонентов в соответствии с принципом иерархии потребностей Маслоу предлагается представить обобщённой нормированной скалярной величиной:

$$r_c = 0,25r_{выж} \left(1 + r_{уд} \left(1 + r_{без} \left(1 + r_{дух} \right) \right) \right). \quad (6)$$

Динамика процессов, протекающих в *предметной области*, представляется дифференциальными уравнениями состояния. Эти уравнения описывают обмен ресурсами между элементами ЭЦП с учётом управляющих воздействий, определённых в *информационной области* отношений. Представление дифференци-

⁷ Литвинцева Н. А. Психологические тесты для деловых людей. М.: Интел-Синтез, 1996. 317 с.

⁸ См.: Социальная психология развития : учебник / Под общ. ред. Е. И. Рогова. Ростов н/Д : Изд-во «ЮФУ», 2016. 452 с. ISBN 978-5-9275-1994-1.

Количественная оценка качественных показателей

Соответствие предъявляемым требованиям	Количественное значение
1. максимально возможное соответствие	1,0
2. удовлетворение всем требованиям	0,75
3. удовлетворение существенным требованиям и наличие некоторых специальных возможностей	0,625
4. удовлетворение только существенным требованиям	0,5
5. имеют место несоответствия существенным требованиям	0,25
6. неудовлетворение даже минимальным требованиям	0

альных уравнений возможно в различной форме, мы представим дифференциальное уравнение (1) в форме РЛ. Стратоновича⁹.

Уравнения состояния характеризуют обмен ресурсами R^{out} между элементами ЭЦП. Однако каждый элемент ЭЦП имеет свой собственный вектор R^{in} состояния, описывающий его внутреннее состояние.

Отображение внутреннего вектора ресурсов на внешний обобщённый ресурс описывается векторными функциями ресурсного отображения. Общий вид прямого и обратного ресурсного отображения выглядит следующим образом:

$$\begin{cases} R^{out} = f_{po}(R^{in}) \\ R^{in} = f_{po}^{-1}(R^{out}) \end{cases} \quad (7)$$

Из векторной функции прямого ресурсного отображения получить обратную в общем случае довольно затруднительно, поскольку размер внешнего вектора ресурсов, как правило, меньше, чем размер внутреннего вектора ресурсов. Для каждого вида функций отображения требуется отдельный анализ. Но в линейном случае эта задача решается пропорциональным распределением ресурса:

$$\begin{cases} R^{out} = \sum_{j=1}^n R_j^{in} \\ \{R_j^{in}\} = \left\{ R^{out} \frac{\alpha_j}{\sum_{i=1}^n \alpha_i} \right\}, \end{cases} \quad (8)$$

где α_j — коэффициент долевого участия j -го ресурса в совокупности n ресурсов элемента.

При мультипликативном формировании вектора ресурсов задача решается следующим образом:

$$\begin{cases} R^{out} = \prod_{j=1}^n R_j^{in} \\ \{R_j^{in}\} = \{R^{out} \beta_j\}, \prod_{j=1}^n \beta_j = 1' \end{cases} \quad (9)$$

где β_j — коэффициент мультипликативного вклада j -го ресурса в формирование внешнего вектора ресурсов.

В случае непропорционального распределения ресурсов задача распределения ресурсов решается динамически, с учётом текущего вклада каждого из внутренних ресурсов в формирование обобщённого вектора.

Наиболее полно и в достаточной степени адекватно реальным процессам в предметной области отношений ЭЦП в качестве типа уравнений состояния (1) могут быть использованы дифференциальные уравнения с квадратичной правой частью [16]. Для j -го элемента ЭЦП представим их следующим образом:

$$\begin{aligned} \dot{R}_j &= B_j R_j + \left(\sum_{i=1}^m M_{ji} R_i Q_{ji}^t \right) A_j R_j + \\ &+ N_{Rj}, \forall j = 1, \dots, m, \end{aligned} \quad (10)$$

где B — матрица коэффициентов сноса размера $m \times m$; M, Q — динамические матрицы коэффициентов взаимного влияния элементов ЭЦП, определяющие все коэффициенты $\{\alpha_{ij}\}$; M — матрица размера $m \times m$; Q — матрица размера $1 \times m$; N_{Rj} — вектор гауссовского параметрического шума; $A = \{u_{ij} \alpha_{ij}\}$ — статическая матрица коэффициентов при вторых степенях векторной функции размера $m \times m$.

Таким образом, информационные процессы, протекающие в информационной области отношений ЭЦП, в соответствии с целевым функционалом (4) и соответствующими уравнениями связи, определяющими тенденции взаимодействующих компонентов, побуждают процессы обмена в предметной области отношений.

Для анализа ЭЦП необходимо провести моделирование её функционирования на ЭВМ. Моделирование динамики вектора состояния R можно вести представлением в конечных разностях с использованием интерполяционной формулы Ньютона. Представим выражение (10) динамики ЭЦП в конечных разностях. В общем виде выражение (10) можно представить следующим образом:

$$\frac{dy}{dt} = f(y, t) + n(t). \quad (11)$$

Тогда выражение (11) в конечных разностях примет вид¹⁰:

$$y_{k+1} = y_k + \Delta t \left[E - \Delta t \Phi_y(t_{k+1}, y_{k+1}) \right]^{-1} \times \left[f(t_{k+1}, y_k) + \int_{\Delta t} f(t - \tau) n(\tau) d\tau, \right] \quad (12)$$

где E — единичная матрица;

$$\Phi_y(t_{k+1}, y_{k+1}) = \frac{\partial f(t_{k+1}, y_{k+1})}{\partial y}. \quad (13)$$

⁹ Стратонович РЛ. Условные марковские случайные процессы и их применение в теории оптимального управления. М.: МГУ, 1966. 319 с.

¹⁰ См.: Бахвалов Н. С., Жидков Н. П., Кобельков Г. М. Численные методы. М.: Наука, 1987. 600 с.

Найдём значение производной (13) в соответствии с выражением (10):

$$\Phi_R = B \cdot E + \left[\frac{\partial}{\partial R_j} (M_{ji} R_j Q_{ji}^t) \right] \cdot A_j R_j + \left(\sum_{i=1}^n M_{ji} R_j Q_{ji}^t \right) \frac{\partial}{\partial R_j} A_j R_j. \quad (14)$$

Тогда выражение для динамики вектора ресурсов в конечных разностях примет вид:

$$R_k = R_{k-1} + \Delta t (E - \Delta t \Phi_R(t_k, R_{k-1}))^{-1} \times f(R_{k-1}, t_{k-1}) + N_R(t_k), \quad (15)$$

где Δt — интервал квантования по времени; $N_R(t_k)$ — винеровский шум процесса N_{xj} .

Выражение (14) приведём в соответствие со значениями отсчёта времени t_k и вектора ресурсов R_{k-1} . Тогда получим значение для матрицы N_{xj} :

$$\Phi_R = \begin{pmatrix} a_{11}r_1 + \sum_{j=1}^m a_{1j}r_j & \dots & a_{1i}r_i & \dots & a_{1m}r_m \\ a_{l1} & \dots & a_{l1}r_1 + \sum_{j=1}^m a_{lj}r_j & \dots & a_{lm}r_m \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1}r_1 & \dots & a_{mi}r_i & \dots & a_{mm}r_m + \sum_{j=1}^m a_{mj}r_j \end{pmatrix}. \quad (16)$$

В целом выражения (15), (16) определяют динамику вектора состояния элемента ЭЦП в конечных разностях. Ресурсный обмен, проходящий в предметной области отношений, подчиняется управляющим воздействиям, вырабатываемым в информационной области отношений. Математически управляющие воздействия

определяются видом матрицы A_j , индивидуальной для каждого элемента ЭЦП.

Теперь с учётом показанной взаимосвязи предметной и информационной областей отношений возможно решение задачи оптимального управления, поставленной в понтрягинской форме.

Заключение

Таким образом, ЭЦП представлена с позиций информационной теории эргасистем и предложен вариант применения проблемно-ориентированного комплексного ИКС-подхода к математическому описанию ЭЦП на основе использования *энтропии покрытия* с отображением области предметных отношений в цифровое информационное пространство и последующей оптимизацией этой системы с применением аппарата оптимального управления.

При этом представлении проводится отображение элементов ЭЦП и объекта интереса (наблюдения) в целевое информационное пространство отношений и появляется возможность оптимальным образом решать функциональные задачи ЭЦП, регулируя циркулирующие информационные потоки между взаимодействующими элементами эргасистемы. В этом случае обеспечивается также минимизация расхода ресурсов ЭЦП.

Важным результатом является представление динамики процессов, протекающих в эргасистеме «цифровая полиция», в конечных разностях, что обеспечивает получение приближённых рекуррентных алгоритмов оптимального управления.

Рецензент: **Алексеев Владимир Витальевич**, доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАН, заведующий кафедрой информационных систем и защиты информации Тамбовского государственного технического университета, г. Тамбов, Российская Федерация.

E-mail: vvalex1961@mail.ru

Литература

1. Абрамов М.Л., Конуров А.Г., Конюшев В.В. Создание и развитие концептуального облика цифровой полиции // Научно-практический альманах МВД России «Профессионал». 2019. № 5 (151). С. 2—5.
2. Алпатов Б.А., Бабаян П.В., Балашов О.Е., Степашин А.И. Методы автоматического обнаружения и сопровождения объектов. Обработка изображений и управление. М.: Радиотехника, 2008. 176 с.
3. Васильев В.В., Джуган Р.В. Отождествление беспилотных летательных аппаратов в оптико-электронной системе контроля их группового полёта // Правовая информатика. 2020. № 2. С. 40—47. DOI: 10.21681/1994-1404-2021-2-40-47.
4. Канушкин С.В. Управление робототехническими системами охранного мониторинга в условиях неопределённости // Правовая информатика. 2019. № 2. С. 40—48. DOI: 10.21681/1994-1404-2019-2-40-48.
5. Конуров А.Г., Конюшев В.В., Кутепов А.В., Сухов А.В. Методика информационной оценки эффективности выполнения государственного заказа // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2020. № 6 (58). С. 335—348.
6. Ловцов Д.А. Информационная теория эргасистем. Тезаурус: монография. М.: Наука, 2005. 248 с. ISBN 5-02-033779-X.
7. Ловцов Д.А. Информационная теория эргасистем: монография. М.: РГУП, 2021. 314 с. ISBN 978-5-93916-887-8.
8. Ловцов Д.А. Системология правового регулирования информационных отношений в инфосфере. М.: РГУП, 2016. 316 с. ISBN 978-5-93916-505-1.
9. Ловцов Д.А. Системный анализ. Часть 1. Теоретические основы. М.: РГУП, 2018. 224 с. ISBN 978-5-93916-701-7.

10. Ловцов Д.А. Теория защищенности информации в эргасистемах : монография. М. : РГУП, 2021. 276 с. ISBN 978-5-93916-896-0.
11. Ловцов Д.А. Современная концепция комплексного ИКС-подхода к анализу и оптимизации правовых эргасистем // Правосудие/Justice. 2020. Т. 2. № 1. С. 59—81. DOI: 10.37399/issn2686-9241.2020.1.59-81 .
12. Ловцов Д.А., Гаврилов Д.А. Моделирование оптико-электронных систем дистанционно пилотируемых аппаратов : монография. М. : Технолоджи-3000, 2019. 164 с. ISBN 978-5-94472-036-8.
13. Ловцов Д.А., Сергеев Н.А. Управление безопасностью эргасистем : монография / Под ред. Д. А. Ловцова. М. : РАУ-Университет, 2001. 224 с. ISBN 5-86014-131-9.
14. Маслоу А. Мотивация и личность. 3-е изд. СПб. : Питер, 2008. 352 с. ISBN 978-5-91180-439-8.
15. Сухов А.В. Динамика информационных потоков в системе управления сложным техническим комплексом // Теория и системы управления. 2000. № 4. С. 111—120.
16. Сухов А.В., Зайцев М.А. Модельно-алгоритмическое обеспечение информационных систем управления : монография. М. : Изд-во «Моск. ун-т им. С.Ю. Витте», 2016. 128 с.
17. Сухов А.В., Величко П.С., Конюшев В.В., Левин А.И. Информационный ресурс в общих технических требованиях к информационно-коммуникационной технологии «Цифровая полиция» // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2022. № 3 (67). С. 56—68.
18. Сухов А.В., Конюшев В.В. Цифровая полиция как эргатическая система, функционирующая в цифровой экосистеме // Правовая информатика. 2021. № 2. С. 28—39. DOI: 10.21681/1994-1404-2021-2-28-39 .
19. Сухов А.В., Конюшев В.В., Величко П.С., Левин А.И. Научно-методические подходы к созданию информационных моделей в интересах поддержки принятия решений в органах внутренних дел Российской Федерации // Охрана, безопасность, связь. 2022. № 7-2. С. 108—117.
20. Сухов А.В., Конюшев В.В., Калилец А.А. Система управления беспилотными воздушными судами в информационно-коммуникационной технологии «цифровая полиция» // Тр. Науч.-прак. спец. конф. «Беспилотные воздушные суда в практической деятельности правоохранительных органов» в рамках Междунар. воен.-тех. форума в Кубинке (16—18 августа 2022 г.) / МО РФ. М. : НПО «Спец. техника и связь» МВД РФ, 2022. С. 54—58.
21. Федосеев С.В. Применение современных технологий больших данных в правовой сфере // Правовая информатика. 2018. № 4. С. 50—58. DOI: 10.21681/1994-1404-2018-4-50-58 .

DEVELOPING MODELS OF LAW ENFORCEMENT ACTIVITIES OF DIGITAL POLICE IN INFORMATION SPACE

Andrei Sukhov, Dr.Sc. (Technology), Professor, Senior Researcher at the NPO (Research and Production Association) "Spetsial'naya tekhnika i svyaz" (Special Equipment and Communications) of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation.
E-mail: avs57@mail.ru

Valerii Koniushov, Senior Researcher at the NPO (Research and Production Association) "Spetsial'naya tekhnika i svyaz" (Special Equipment and Communications) of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation.
E-mail: klvvvk@mail.ru

Keywords: ergatic system (ergasystem), digital police, law enforcement activities, component application models, information domain, subject domain, optimal control, covering entropy.

Abstract

Purpose of the paper: developing models of law enforcement activities in information space based on the covering entropy for ensuring optimisation of the structure of digital police.

Methods used: conceptual logical modelling of information processes using the optimal control apparatus based on Pontryagin's maximum principle, multi-faceted information, cybernetics and synergetics (ICS) approach.

Findings. Questions of building information models of law enforcement activities with a view to ensure rational use of digital tools in subsystems of the "Digital Police" ergasystem are considered. A multi-faceted approach to building models for using digital police components in law enforcement activities of bodies of internal affairs of the Russian Federation based on the standpoint of the information theory of ergasystems as a general methodology for studying human-machine systems controlling complex dynamic objects is put forward. Digital police is considered as an ergasystem including technical, technological, economic, environmental, organisational, legal and other systems and relations, which should ensure an efficient execution of law enforcement tasks. A mathematical model of the resource exchange space is given which is transformed from a continuous time representation into a finite-difference one.

References

1. Abramov M.L., Konurov A.G., Koniushhev V.V. Sozdanie i razvitie kontseptual'nogo oblika tsifrovoi politsii. Nauchno-prakticheskii al'manakh MVD Rossii "Professional", 2019, No. 5 (151), pp. 2–5.
2. Alpatov B.A., Babaian P.V., Balashov O.E., Stepashin A.I. Metody avtomaticheskogo obnaruzheniia i soprovozhdeniia ob"ektov. Obrabotka izobrazhenii i upravlenie. M. : Radiotekhnika, 2008. 176 pp.
3. Vasil'ev V.V., Dzhugan R.V. Otozhdestvlenie bespilotnykh letatel'nykh apparatov v optiko-elektronnoi sisteme kontroliia ikh gruppovogo poleta. Pravovaia informatika, 2020, No. 2, pp. 40–47. DOI: 10.21681/1994-1404-2021-2-40-47 .
4. Kanushkin S.V. Upravlenie robototekhnicheskimi sistemami okhrannogo monitoringa v usloviakh neopredelennosti. Pravovaia informatika, 2019, No. 2, pp. 40–48. DOI: 10.21681/1994-1404-2019-2-40-48 .
5. Konurov A.G., Koniushhev V.V., Kutepov A.V., Sukhov A.V. Metodika informatsionnoi otsenki effektivnosti vypolneniia gosudarstvennogo zakaza. Informatsionno-ekonomicheskie aspekty standartizatsii i tekhnicheskogo regulirovaniia, 2020, No. 6 (58), pp. 335–348.
6. Lovtsov D.A. Informatsionnaia teoriia ergasistem. Tezaurus : monografiia. M. : Nauka, 2005. 248 s. ISBN 5-02-033779-X.
7. Lovtsov D.A. Informatsionnaia teoriia ergasistem : monografiia. M. : RGUP, 2021. 314 pp. ISBN 978-5-93916-887-8.
8. Lovtsov D.A. Sistemologiiia pravovogo regulirovaniia informatsionnykh otnoshenii v infosfere. M. : RGUP, 2016. 316 pp. ISBN 978-5-93916-505-1.
9. Lovtsov D.A. Sistemnyi analiz. Chast'. 1. Teoreticheskie osnovy. M. : RGUP, 2018. 224 pp. ISBN 978-5-93916- 701-7.
10. Lovtsov D.A. Teoriiia zashchishchennosti informatsii v ergasistemakh : monografiia. M. : RGUP, 2021. 276 pp. ISBN 978-5-93916-896-0.
11. Lovtsov D.A. Sovremennaia kontseptsiia kompleksnogo "IKS"-podkhoda k analizu i optimizatsii pravovykh ergasistem. Pravosudie/Justice, 2020, t. 2, No. 1, pp. 59–81. DOI: 10.37399/issn2686-9241.2020.1.59-81 .
12. Lovtsov D.A., Gavrillov D.A. Modelirovanie optiko-elektronnykh sistem distantsionno pilotiruemyykh apparatov : monografiia. M. : Tekhnolodzhi-3000, 2019. 164 pp. ISBN 978-5-94472-036-8.
13. Lovtsov D.A., Sergeev N.A. Upravlenie bezopasnost'iu ergasistem : monografiia. Pod red. D. A. Lovtsova. M. : RAU-Universitet, 2001. 224 s. ISBN 5-86014-131-9.
14. Maslou A. Motivatsiia i lichnost'. 3-e izd. SPb. : Piter, 2008. 352 pp. ISBN 978-5-91180-439-8.
15. Sukhov A.V. Dinamika informatsionnykh potokov v sisteme upravleniia slozhnym tekhnicheskim kompleksom. Teoriiia i sistemy upravleniia, 2000, No. 4, pp. 111–120.
16. Sukhov A.V., Zaitsev M.A. Model'no-algoritmicheskoe obespechenie informatsionnykh sistem upravleniia : monografiia. M. : Izd-vo "Mosk. un-t im. S.Iu. Vitte", 2016. 128 pp.
17. Sukhov A.V., Velichko P.S., Koniushhev V.V., Levin A.I. Informatsionnyi resurs v obshchikh tekhnicheskikh trebovaniiaakh k informatsionno-kommunikatsionnoi tekhnologii "Tsifrovaia politsiia". Informatsionno-ekonomicheskie aspekty standartizatsii i tekhnicheskogo regulirovaniia, 2022, No. 3 (67), pp. 56–68.
18. Sukhov A.V., Koniushhev V.V. Tsifrovaia politsiia kak ergaticheskaiia sistema, funktsioniruiushchaia v tsifrovoi ekosisteme. Pravovaia informatika, 2021, No. 2, pp. 28–39. DOI: 10.21681/1994-1404-2021-2-28-39 .
19. Sukhov A.V., Koniushhev V.V., Velichko P.S., Levin A.I. Nauchno-metodicheskie podkhody k sozdaniiu informatsionnykh modelei v interesakh podderzhki priniatiia reshenii v organakh vnutrennikh del Rossiiskoi Federatsii. Okhrana, bezopasnost', sviaz', 2022, No. 7-2, pp. 108–117.
20. Sukhov A.V., Koniushhev V.V., Kalilets A.A. Sistema upravleniia bespilotnymi vozdushnymi sudami v informatsionno-kommunikatsionnoi tekhnologii "tsifrovaia politsiia". Tr. Nauch.-prak. spets. konf. "Bespilotnye vozdushnye suda v prakticheskoi deiatel'nosti pravookhranitel'nykh organov" v ramkakh Mezhdunar. voen.-tekhn. foruma v Kubinke (16–18 avgusta 2022 g.). MO RF. M. : NPO "Spets. tekhnika i sviaz'" MVD RF, 2022, pp. 54–58.
21. Fedoseev S.V. Primenenie sovremennykh tekhnologii bol'shikh dannykh v pravovoi sfere. Pravovaia informatika, 2018, No. 4, pp. 50–58. DOI: 10.21681/1994-1404-2018-4-50-58 .