

ПРИМЕНЕНИЕ ИММУННЫХ АЛГОРИТМОВ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПОИСКА ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ В ЭЛЕКТРОННОМ АРХИВЕ ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Ю.И. Еременко, И.В. Мельникова, А.А. Шаталов

В статье рассматривается попытка создания информационно-поисковой системы (ИПС), предназначенной для поиска отдельных проектных решений и их комбинаций в электронном архиве проектно-конструкторской документации. Приводится способ классификации и кодирования проектов, позволяющий применять подходы, не основанные на принципах гипертекстового поиска. В качестве метода поиска предлагается использование иммунного алгоритма мультимодального поиска. Дается описание алгоритма и программных средств реализации

Ключевые слова: электронный архив проектной документации, поиск проектных решений, иммунные алгоритмы

Введение. Электронные архивы являются современным решением для повышения эффективности работы с информационными ресурсами.[1] Имеется большое количество как коммерческих, так и индивидуальных разработок систем работы с документацией и систем поиска документальной информации[2]. Несколько особняком стоят в этой области архивы проектно-конструкторской документации.[3]

В журнале CADmaster, приводится следующая цитата: "За годы работы стоимость архива организации может превысить стоимость всех остальных ее активов". От деятельности любой организации, занимающейся разработкой, производством и эксплуатацией подобных изделий и объектов, в первую очередь, остаются архивы проектной и конструкторской документации.

Поэтому проблема создания современных электронных архивов инженерной документации и обеспечения доступа к ним крайне актуальна. В долгосрочной перспективе сохранение наработок и возврат к ним для развития методов работы – ключ к максимальному повышению эффективности работы. Самое главное, что получает отдельный проектировщик от системы электронного архива и документооборота – это качественное снабжение информацией, необходимой для работы.

Значение автоматизации в этом вопросе невозможно переоценить. Как следствие, рано или поздно качество проектирования начнет повышаться, процент заимствования проектных решений возрастет, что приведет к дополнительному увеличению производительности.

Однако все объекты и изделия, как правило, состоят из множества компонентов, связанных между собой самыми разнообразными способами. И в первую очередь мы нуждаемся в информации о характеристиках этих компонентов, о способах их связи друг с другом. Например, для ремонта или замены насоса нам необходимо знать его габаритные размеры, потребляемую мощность, производительность, систему крепления и т.п. Но современная конструкторская и проектная документация устроена таким образом, что человек может понять ее, только просматривая визуально. Поиск соответствующей информации также в большинстве случаев осуществляется визуально.

Нахождение того или иного проектного решения также может стать довольно трудоемкой задачей, а при отсутствии «старожилов», помнящих где и когда оно применялась практически невыполнимой.

Задача обработки накопленной в ходе деятельности предприятия документации и извлечения из нее знаний является классической задачей Data Mining. Среди методов исследования данных в Data Mining можно выделить следующие:

1) регрессионный, дисперсионный и корреляционный анализ; 2) методы анализа в конкретной предметной области, базирующиеся на эмпирических моделях; 3) нейросетевые алгоритмы; 4) алгоритмы — «ближайшего соседа»; 5) деревья; 6) кластерные; 7) алгоритмы ограниченного перебора; 8) эволюционное программирование. 19) генетические алгоритмы.

К этому списку можно добавить получившие широкое распространение в последнее время онтологический инжиниринг и иммунные сети.

Онтологический инжиниринг - ядро концепции «управления знаниями». Онтология – это формализованное представление основных понятий и связей между ними. Под определение онтологии подпадают многие понятийные структуры: иерархия классов в объектно-ориентированном программировании, концептуальные карты (concept maps), семантические сети.

Еременко Юрий Иванович - СТИ НИТУ МИСиС, д-р техн. наук, профессор, тел. (4725)42-31-18, e-mail: erem49@mail.ru

Мельникова Ирина Владимировна - СТИ НИТУ МИСиС, доцент, тел. (4725) 22-62-28, e-mail: i-melnikova@mail.ru

Шаталов Андрей Александрович - СТИ НИТУ МИСиС, аспирант, тел. (4725)-43-09-38, e-mail: asskunst@rambler.ru

Именно принципы онтологического инжиниринга, а также кластерного анализа, используются в большинстве современных документальных систем.

Однако, все предлагаемые как в коммерческих разработках в том числе в научных публикациях, подходы базируются на гипертекстовом поиске. В проектных же архивах хранятся разнородные по формам представления документы, подавляющее большинство которых составляет документация в формате Autocad, что делает все виды гипертекстового поиска малоэффективными.

Особый интерес представляют искусственные иммунные системы (ИИС). Это относительно новая область исследования. Первые попытки разработки ИИС были предприняты в 70-х гг. XX в., масштабные работы начались в 90-х гг. XX в.

Искусственные иммунные сети – информационные методологии, использующие понятия теоретической иммунологии для решения прикладных задач. Иммунные сети (ИС) – это адаптивные системы для обработки и анализа данных, которые представляют собой математическую структуру, имитирующую некоторые функции иммунной системы человека и обладающую такими свойствами, как способность к обучению, прогнозированию на основе имеющихся временных рядов и принятию решения в незнакомой ситуации. ИС не нуждаются в заранее известной модели, а строят ее на основе полученной информации в виде временных рядов. Данные системы применяются при решении плохо алгоритмизируемых задач, таких как прогнозирование, классификация и управление.

Иммунные сети являются естественным продолжением практики применения механизмов биологических систем для решения множества задач в широкой области приложений. Перспективы применения иммунных алгоритмов в системах Data Mining рассматривались еще в базовых работах L. N. De Castro и Тиммиса [4]. Принципы действия механизмов репарации, то есть исправления ошибок в процессе функционирования иммунной системы позволяют строить принципиально новые алгоритмы на основе искусственных иммунных сетей.

Разработка высокоэффективных ИИС находится на начальном этапе, поэтому они недостаточно распространены, но имеют огромный потенциал развития [5].

2. Постановка задачи исследования

Постановка задачи исследования формулируется следующим образом: необходимо разработать интеллектуальную информационно-поисковую систему решающую задачу поиска аналогичных проектов в архиве проектной организации на основе биологического подхода ИИС.

Предположим, что у нас имеется каталог проектов. Предлагается поставить в соответствие каждому проекту бинарную последовательность, в к-й каждой позиции соответствует какое-либо проектное решение, согласно разработанной для данной тематики системе классификации. Тогда новому

проекту будет соответствовать некоторая известная бинарная последовательность. В такой постановке задача сводится к поиску в полученном после сериализации файле сигнатур проектов сигнатуры наиболее соответствующие заданной. Следует отметить, что в итоге будет иметься несколько результатов — идентичные проектные решения могут встречаться в разных проектах, т.е. целевая функция мультимодальна.

Традиционными методами такие задачи решаются плохо. В связи с этим актуально применение ИИС, процессы в которых достаточно близки к поставленной задаче [6]. В ИИС используется идея взаимодействия между белками иммунной системы человека и чужеродными антигенами, возможность молекулярного узнавания посредством определения минимальной энергии связи между формальными пептидами (белками). Для данной задачи представляется предпочтительным использование иммунного алгоритма мультимодального параллельного поиска [7]. Существует несколько разновидностей алгоритма мультимодальной оптимизации – основные это aiNet и модифицированный алгоритм CLONALG. Клональный алгоритм является очень мощным методом комбинаторного поиска, который строит свое решение на основе перебора многочисленных вариантов последовательностей из n -переменных системы и отбора, лучших из них и предоставляет более адаптивные механизмы, чем генетические алгоритмы при поиске решений.

3. Разработка теоретических основ и алгоритма построения информационно-поисковой системы поиска аналогичных проектных решений в электронном архиве проектной организации.

Естественная иммунная система имеет уникальную способность вырабатывать новые типы антител и отбирать наиболее подходящие из них для взаимодействия с попавшими в организм антигенами. Методом проб и ошибок иммунная система вырабатывает огромное количество антител против бесчисленного множества неизвестных антигенов. Важной характеристикой процесса адаптации системы иммунитета при ее взаимодействии с поступающими из внешней среды вирусами и бактериями является обеспечение разнообразия типов антител. С математической точки зрения поддержание разнообразия в иммунной системе можно трактовать как задачу оптимизации мультимодальной функции, имеющую кратное (не единственное) решение. Предлагаемый на рис.1. алгоритм обеспечивает возможность одновременного хранения нескольких векторов поиска для нахождения кратных решений. Для этого вводится индекс разнообразия, а вектор приближений сохраняется, аналогично механизму поддержания клеток памяти в иммунной системе.



Рис. 1. Иммунный алгоритм параллельного поиска

4. *Формальная постановка задачи.* Рассмотрим имеющийся набор сигнатур проектов как антигена, а бинарную последовательность нового проекта — как антиген. Антиген x представляет собой совокупность проектных решений, сформированных пользователем.

Аффинности ax_v и $ay_{v,w}$ — это степень схожести как имеющихся проектов в базе между собой, так и сформированного пользователем с ними.

B -лимфоциты cv — массив значений участвующий в процессе удаления из рассмотрения неподходящих проектных решений.

Ожидаемый масштаб выработки ev — значение, указывающее, какие проекты не удовлетворяют результатам запроса, и удаляются, а какие остаются.

Тогда алгоритм поиска можно представить в следующем виде:

1. Распознавание антигена, т.е. получение бинарной последовательности, для которой необходимо найти аналоги. Данный шаг соответствует определению вида задачи оптимизации, а бинарная последовательность нового проекта (антиген) представляет собой критерий, по которому будет осуществляться оптимизация.

2. *Выработка антител*, т.е. извлечение из памяти имеющихся бинарных последовательностей-антигенов. Этот шаг соответствует «вспоминанию» полученного в прошлом успешного решения, а для нашей задачи — выполненные ранее проекты.

3. *Вычисление аффинитета*, т.е. определение набора B -лимфоцитов, индуцирующих наиболее подходящие антитела. Для этого вычисляются функции аффинитета: аффинность антител для каждой пары антител

$$ay_{v,w} = \frac{\sum_{i=1}^M S_i}{\sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^S p_{ij}} \quad (1)$$

где M — количество бит в бинарной последовательности, S — количество готовых проектов-антител, S_i — вероятность равенства i -го бита (отдельной работы выполняемой в проекте) текущего антигена единице, т.е. ; p_{ij} — вероятность равенства i -го бита текущего антигена i -тому

биту j -того антигена; и аффинность антитела к антигену

$$ax_v = opt_v, \quad (2)$$

где величина opt_v характеризует силу связи между возможным решением-антителом и искомым проектом - антигеном и вычисляется посредством логического умножения соответствующих бинарных последовательностей с последующим подсчетом количества ненулевых бит результата, т.е. заданными к поиску видами отдельных проектных решений. Кроме того, сохраняются номера единичных бит антигена, соответствующих единичным битам антитела, т.е. найденными аналогами искомым работ входящих в состав проекта.

Собственно, на этом шаге происходит поиск оптимального решения

4. *Дифференцировка лимфоцитов*, т.е. сохранение подходящего решения для следующего шага поиска. На данном шаге некоторые B -лимфоциты становятся клетками памяти, а также супрессорными клетками. Супрессорные клетки необходимы для удаления избытка кандидатов на решение. Выбор таких B -лимфоцитов происходит по следующей формуле:

$$c_v = \frac{1}{N} \sum_{w=1}^N ac_{v,w} > T_c, \quad \text{где}$$

$$ac_{v,w} = \begin{cases} 1 & \text{если } ay_{v,w} \geq T_{ac1}; \\ 0 & \text{иначе } ay_{v,w} < T_{ac1}, \end{cases} \quad (3)$$

T_c — пороговое значение для B -лимфоцита;

T_{ac1} — пороговое значение для антигена.

5. *Размножение и подавление антител.* Ожидаемый масштаб e_v выработки антител задается формулой

$$e_v = \frac{ax_v \prod_{s=1}^S (1 - as_{v,s})}{c_v \sum_{i=1}^N ax_i}, \quad \text{где}$$

$$as_{v,s} = \begin{cases} ay_{v,s} & \text{если } ay_{v,s} \geq T_{ac2}; \\ 0 & \text{иначе } ay_{v,s} < T_{ac2}. \end{cases} \quad (4)$$

Соотношение (4) регулирует концентрацию и разнообразие проектов-аналогов (антител) в популяции лимфоцитов. Если антитело приобретает более высокий аффинитет к искомому проекту-антигену, то оно размножается, но при этом размножение антител, концентрация которых слишком велика, подавляется. Наряду с отслеживанием локальных максимумов это соответствует поддержанию разнообразия направлений поиска. Данный механизм поиска полностью соответствует поставленной задаче, т.к. отдельные проектные решения могут содержаться в локальных максимумах, а также в слабо релевантных решениях. Это определяется спецификой проектирования. Так например, для электротехнического проектирования в одном

проекте могут выполняться задания как на проектирование освещения, так и бытового электро-снабжения, кабельного или воздушного и одно-значно отнести проект к той или иной категории часто невозможно.

6. *Размножение антител.* Для ответа на ранее не встречавшиеся антигены т.е. новый проект, происходит образование новых лимфоцитов вместо антител (проектов найденных ранее), удаляемых на предыдущем шаге. В рамках иммунного алгоритма это позволяет генерировать разнообразие антител на основе генетических операторов репродукции, например, под действием операторов мутаций или скрещивания. Необходимым условием этого является более высокая эффективность таких операторов по сравнению с генерацией антител на чисто случайной основе.

Это позволяет разнообразить выборку возможных аналогов искомого проекта и охватить максимально широкий спектр проектов могущих содержать нужное решение.

Данный алгоритм строится на понятии формального белка (ФБ) [8], в котором закодированы бинарные последовательности уже выполненных и содержащихся в каталоге организации проектов, одна последовательность – один проект в каждом белке. Новый проект при поступлении на разработку кодируется аналогичным образом, впоследствии, при занесении в категорию выполненных, его бинарная последовательность может быть откорректирована по факту выполненных работ. Описание формального белка проистекает из попытки описания его геометрической структуры посредством аппарата кватернионов.

В соответствии с [9], пространственная структура скелета белка может быть геометрически представлена подобно изображенной на рис. 1., где k — номер повторяющегося фрагмента.

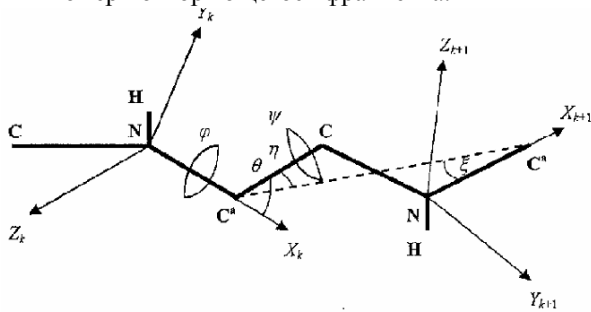


Рис. 2. Пространственная конфигурация скелета белка
Пространственная структура белка определяется постоянными валентными углами θ, η, ξ валентных связей между атомами N, Ca, C и углами вращения φ, ψ связей N–Ca и Ca–C вокруг скелета.

Формальный белок представляет собой упорядоченную пятерку

$$P = \langle n, U, Q, V, v \rangle,$$

образованную следующими компонентами:

1. Количеством связей $n > 0$, равное количеству бит бинарной последовательности описываемого проекта;

2. Множеством углов

$$U = \{\varphi_k, \psi_k\}, k = 1, \dots, n, \text{ где}$$

$$-\pi \leq \varphi_k \leq \pi, -\pi \leq \psi_k \leq \pi$$

В нашем случае углы вращения представляют собой биты бинарной последовательности, а именно виды выполняемых в данном проекте работ;

3. Множеством единичных кватернионов $Q = \{Q_0, Q_k\}$, где кватернионы $Q_k = Q_k(\varphi_k, \psi_k)$ определяются формулами (3) и (4) и результирующий кватернион формального белка Q_0 определяется как их произведение: $Q_0 = Q_1 Q_2 \dots Q_n$;

4. Множеством коэффициентов $V = \{v_{ij}\}$, $i = 1, 2, 3, 4, j \geq i$;

5. Функцией v (без индекса), определенной над элементами результирующего кватерниона Q_0 посредством следующей квадратичной формы:

$$v = - \sum_{j>i} v_{ij} q_i q_j. \quad (5)$$

Антитела, т.е. уже имеющиеся в нашем распоряжении проекты, представляются в виде формального белка (ФБ). В-лимфоцит представляет собой более сложную структуру, способную генерировать формальные белки-антитела с тем, чтобы они связывались с антигенами, т.е. с новыми заданиями на проектирование.

Формальный В-лимфоцит — упорядоченная четверка $B\text{-cell} = \langle P, Ip, Is, Im \rangle$,

где: P — рецептор лимфоцита, представляющий собой ФБ; Ip — индикатор состояния рецептора; Is — индикатор состояния лимфоцита; Im — индикатор мутации.

Поведение В-лимфоцита определяется следующими правилами:

В-лимфоцит может находиться только в следующих состояниях: $Is = \{0, 1, 2\}$

$Is = 0$ обозначает смерть, когда В-лимфоцит уничтожен;

$Is = 1$ обозначает распознавание, когда рецептор P В-лимфоцита может связываться с другим ФБ;

$Is = 2$ обозначает размножение лимфоцита, когда В-лимфоцит делится на две одинаковые копии, состояние которых устанавливается в $Is = 1$, а состояние их рецепторов определяется индикатором мутации Im ;

Переход из состояния $Is = 1$ в состояние $Is = 2$ может происходить только в результате связывания рецептора P с другим ФБ.

Индикатор мутации $Im = \{0,1\}$ родительского лимфоцита определяет состояние рецепторов его копий следующим образом:

$Im = 0$ рецепторы наследуются от родительского В-лимфоцита (без мутации);

$Im = 1$ рецепторы изменяются (с мутацией);

Другими словами, главным свойством формального В-лимфоцита является его размножение (или смерть) в результате свободного связывания (или не связывания) с некоторым ФБ, т.е. удаления или сохранения с последующим воспроизводством найденных в ходе решения проектов. Реализация данного алгоритма выполнялась с использованием объектно-ориентированного подхода (ООП). Одним из наиболее важных понятий ООП является класс. Класс представляет собой дальнейшее развитие концепции типа и объединяет в себе задание не только структуры и размера переменных, но и выполняемых над ними операций. Разработка производилась в среде программирования Microsoft Visual C#2008Express Edition. Функциональная схема поисковой системы реализованной на базе предложенного алгоритма представлена на рис.3 и состоит из 3 классов:

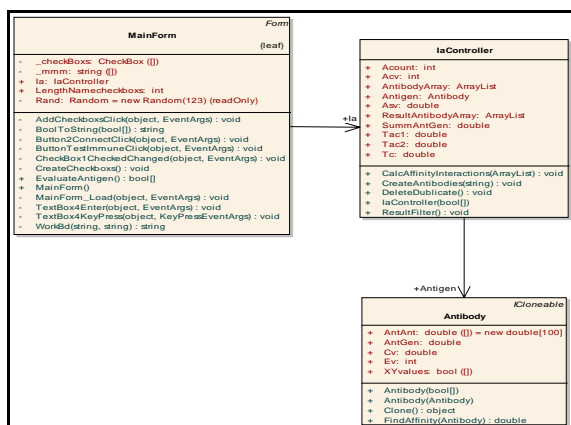


Рис. 3. Диаграмма классов

Класс MainForm обеспечивает связь с пользователем, подключение к базе данных и работу остальных модулей.

Класс Antibody описывает свойства антитела, а также модуль FindAffinity для нахождения аффинности для пары антител.

FindAffinity - реализует алгоритм для нахождения аффинности как между парами антител так и антитела с антигеном. Блок-схема метода приведена на рис. 4

Класс IaController реализует алгоритм параллельного поиска и вспомогательные методы.



Рис.4. Блок-схема модуля Find Affinity

Модуль Calcaffinity Iterations реализует алгоритм параллельного поиска, блок-схема метода приведена на рис 5.

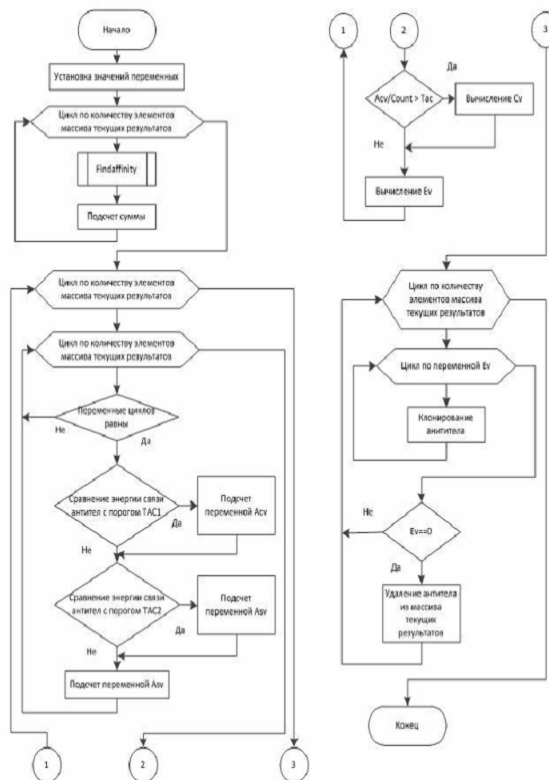


Рис. 5. Блок-схема модуля Calcaffinity Iterations

Модуль Delete Duplicate предназначен для отсеивания одинаковых антител, которые образовались на шаге клонирования метода, блок-схема метода приведена на рис.6.



Рис.6. Блок-схема модуля DeleteDuplicate

Result Filter. Так как обработка проектов идет по частям, то этот модуль объединяет части результатов в один результирующий массив, блок-схема модуля приведена на рис 7.

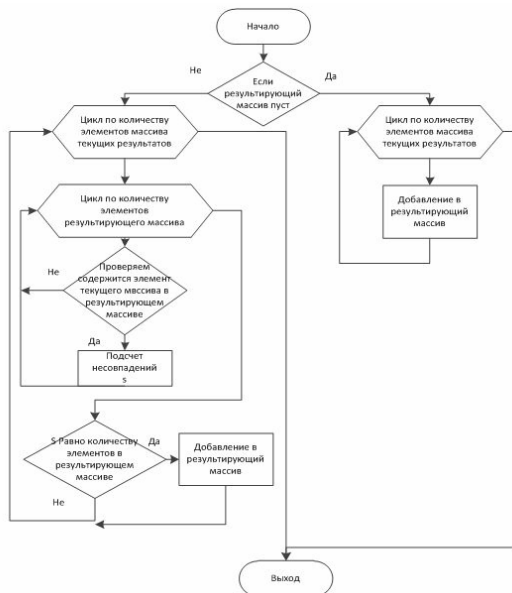


Рис. 7. Блок-схема модуля Result Filter

Тестирование было проведено на каталоге, содержащем около 2000 проектов. Был использован электронный архив проектной организации специализирующейся в области электротехнических решений. Пример запроса приведен на рис.8. В левой части сформирован проект, аналогу которому необходимо было найти, система выдала 30 проектов на 1 запрос.

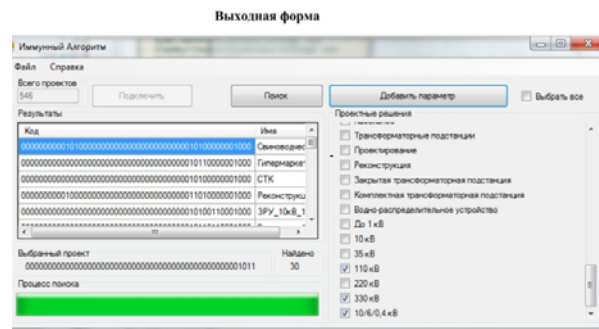


Рис 8. Результаты тестирования.

Оценка эффективности поисковой системы производилась по следующей методике построения паретовой границы в критериальном пространстве показателей эффективности поиска [10].

Рассмотрим модель ИС поиска проектов по сходству, при котором на запрос s выдается массив $D(s)$ проектов без их упорядочения по степени релевантности

Пару (d,s) называется релевантной парой, если проект d релевантен запросу s .

Поскольку мнения различных пользователей могут различаться, для оценки качества поискового механизма ИС вводится усредненная оценка релевантности - степень релевантности.

Пусть $\eta_j(d, s), j = 1, \dots, t$, — результат оценки j -м пользователем-экспертом релевантности проекта d запросу s . Тогда степень релевантности пары (d,s) можно оценить по формуле;

$$\eta(d, s) = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \eta_j(d, s) \quad (6)$$

Для оценки качества поискового механизма существуют два основных показателя: коэффициенты полноты и точности поиска.

Коэффициентом полноты (поиска, выдачи) называется отношение числа выданных релевантных проектов $n_{\text{рп}}$, к числу всех релевантных $n_{\text{р}}$

Коэффициентом точности (поиска, выдачи) называется отношение числа выданных релевантных проектов $n_{\text{вр}}$ к числу всех выданных $n_{\text{в}}$. При поиске по запросу s и усреднив оценку результатов для всех запросов :

$$k_{\text{П}} = \frac{\sum_{(d,s) \in M \times S} \eta(d, s) \phi(d, s)}{\sum_{(d,s) \in M \times S} \eta(d, s)} \quad (7)$$

$$k_{\text{Т}} = \frac{\sum_{(d,s) \in M \times S} \eta(d, s) \phi(d, s)}{\sum_{(d,s) \in M \times S} \phi(d, s)}; \quad (8)$$

Коэффициент полноты равен 1 только том случае, когда все сколько-нибудь релевантные проекты выдаются системой.

Коэффициент точности будет единичным, если выдавать только проекты со степенью релевантности 1.

Изменяя состав выдачи, т.е. функцию $\phi(d,s)$, можно получать различные значения показателей полноты и точности поиска. Нахождением для каждого значения полноты наибольшего значения точности, строится паретова граница для множества значений полноты-точности поиска. Точки, не-

посредственно принадлежащие паретовой границе строятся следующим способом:

Пусть k_p фиксировано. Тогда

$$k_T = \frac{C}{\sum_{(d,s) \in M \times S} \varphi(d,s)} \quad (9)$$

Значения $\eta(d,s)$ упорядочиваются по убыванию. Затем строится (k_p, k_T) при $k_p = 1$. Для этого в выдачу определяются все пары, для которых $\eta(d,s) \neq 0$, т. е. для них полагается $\varphi(d,s) = 1$, и по формуле (9) подсчитывается k_T . Затем из выдачи удаляются наименее релевантные пары и для них подсчитываются коэффициенты полноты и точности и т. д. до тех пор, пока в выдаче останутся пары, для которых $\eta(d,s) = 1$ или, если таковых нет, — пары с наибольшим значением $\eta(d,s)$ из имеющихся. Полученные точки отмечаются на плоскости в системе координат (k_p, k_T) и соединяются плавной кривой $k_T = f(k_p)$.

На основе тестового эксперимента построена кривая оптимальных характеристик (рис. 9).

По построенной подобным образом кривой можно сориентироваться, выше каких значений полноты и точности для данной предметной области добиться невозможно. Так, если $k_p = 1$, то точность будет не более 0,3. А это значит, что 70 % выдачи будет состоять из "шума" — нерелевантной информации. Если $k_T = 1$, т. е. при отсутствии "шума", не следует ожидать полноты более 35%. Это значит, что 65 % релевантной информации будет потеряно. Если требования пользователя к полноте и точности примерно одинаковы, то, проведя биссектрису координатного угла, получим $k_T = k_p = 0,8$. Это значит, что выдача будет содержать 80 % релевантной информации и 20 % "шума". Потери тоже составят 20 %.

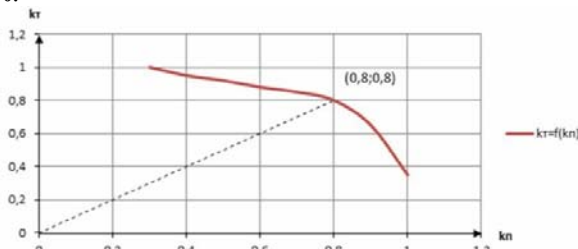


Рис. 9. Кривая оптимальных характеристик качества поиска

Выводы: В данной работе обосновано применение искусственных иммунных сетей к задаче мультимодальной оптимизации для поиска в электронном архиве проектной документации. Предлагается оригинальная система классификации и кодирования проектов, позволяющая полностью описать все проектные решения, входящие в состав проекта свдя их в конечном итоге к файлу сигнатур проектов. Иммунный алгоритм мультимодального поиска адаптирован для применения его к поиску в полученном файле сигнатур аналогов проекта заданного в виде бинарной последовательности.

Литература

1. И.В. Мельникова «Анализ существующих проблем хранения проектной документации в архивах предприятий и организаций». Международная научно-практическая конференция «Образование, наука, производство», г.Ст.Оскол 20-21 ноября 2008.
2. И.В. Мельникова «Обзор некоторых подходов к организации электронных архивов проектных организаций». Международная научно-практическая конференция «Образование, наука, производство и управление», г.Ст.Оскол 20-21 ноября 2008.
3. И.В. Мельникова «Способы организации архива технической документации предприятия.» Международная научно-практическая конференция "Образование, наука, производство и управление" 24 – 25 ноября 2009 г. Сборник научных и научно-методических докладов, т.3 С. 72-76.
4. L. N. De Castro, F.J. Von Zuben, 2000a. Artificial Immune Systems: Part I I - A Survey of Application. Technical Report –RT DCA 02/00.
5. Julie Greensmith New Frontiers For An Artificial Immune System Digital Media Systems Laboratory, HP Laboratories Bristol, HPL-2003-204, October 7th, 2003.. Los Alamitos, CA, USA, 2002. IEEE Computer Society.
6. Tarakanov A.O., Skormin V.A., Sokolova S.P. Immunocomputing. Principles and applications. — N.-Y.: Springer, 2003. — 193+xii p. — ISBN 0-387-95533-X
7. L. de Castro and J. Timmis. An artificial immune network for multimodal function optimization. In Proc. of the Congress on Evolutionary Computation (CEC), volume 1, pages 699–704.
8. Goldberg D. Genetic algorithms in search, optimization, and machine learning. N.Y.: Addison-Wesley, 1989.
9. Cantor C., Schimmel P. Biophysical Chemistry. Part I. The conformation of biological macromolecules. San Francisco: W.H. Freeman & Co. 1980.
10. Соколов А.В. «Методика оценки максимально возможных значений показателей эффективности поиска текстовой информации», Информационные технологии, - 2009. №5. С 18-24.

Старооскольский технологический институт (филиал) «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

APPLICATION OF IMMUNE ALGORITHMS FOR DEVELOPING OF INTELLECTUAL SEARCH SYSTEM FOR PROJECT SOLUTIONS IN ELECTRONIC ARCHIVE OF PROJECT DOCUMENTATION

Yu.I. Eremenko, I.V. Melnikova, A.A. Shatalov

Article considers possibility of creation an Informational-searching System (ISS) for searching separate project solutions and its combinations in electronic archive of project-assembler documentation. Given as an example project's classification and encoding, which allows applying based on hypertext search approaches. As a method used usage of immune algorithm clonal selection

Key words: electronic projecting of project documentation, search for project solutions, immune systems