

Реализация машинного обучения в интеллектуальной системе процесса баротерапии

Н. М. Кравченко, В. В. Бондарчук, Т. Д. Ключанова
Донецкий институт проблем искусственного интеллекта
отдел распознавания зрительных образов

natali.kravchenko70@mail.ru, vv_bondar@mail.ru, kklushanova@mail.ru

Аннотация

Выполнен аналитический обзор современных научных исследований по вопросу автоматизации процесса баротерапии, который подтвердил актуальность проблемы, ее соответствие приоритетным научным направлениям в медицине. Представлена реализация машинного обучения в интеллектуальной системе процесса баротерапии. Приведены фрагменты программного кода алгоритма дерева решений. Разработанная экспертная система поддержки принятия решений для автоматизации процесса баротерапии успешно прошла предварительные испытания и опытную эксплуатацию в Республиканском центре профпатологии и реабилитации.

Введение

Синергия междисциплинарных исследований в области искусственного интеллекта охватывает фундаментальные и прикладные научные исследования, стратегические приложения, фокусируется на разработке цифровых платформ с возможностями интеллектуальных вычислений. Инструментальные средства обработки интеллектуальной информации, современных технологий вычислений основаны на альтернативных механизмах обработки информации для создания интеллектуальных цифровых паспортов всех сфер социально-экономического развития. Глобальный вызов искусственного интеллекта цифрового развития осуществлен в интеллектуальных системах, интеллектуальных сервисных агентах и крупномасштабных интеллектуальных инфраструктурах, включая интеллектуальную медицину [1-4]. Аналитический обзор современных научных исследований по вопросу автоматизации процесса баротерапии подтвердил актуальность проблемы, ее соответствие приоритетным научным направлениям в медицине [5].

Цель работы заключается в разработке алгоритмов косвенной критериальности, при которой контролируют режимы работы барокамеры в зависимости от реального состояния variability сердечного ритма, что позволяет уменьшить динамические действия процесса гипербарической оксигенации, исключить небезопасные тревожные ситуации или приостановить динамику процесса, и тем самым поддержать устойчивую работу системы с мощными инструментами лечения; таким

образом, обеспечивается взаимная адаптация объекта, окружающей среды и измерительной системы.

Основное содержание работы

Разработана экспертная система поддержки принятия решений процесса баротерапии, которая представляет собой программный комплекс [6-8]: систему сбора, обработки информации и принятия решений в процессе гипербарической оксигенации [9-12].

В настоящее время в различных областях знания успешно применяют методы машинного обучения. Машинное обучение, как часть задач классификации интеллектуального анализа данных для процесса приобретения знаний, предполагает выявление эмпирических закономерностей во входных данных и их использование для построения прогнозов, принятия решений. Применение методов машинного обучения для решения задач требует обработки больших объемов исходной информации.

В процессе лечения пациентов методом баротерапии на определенных этапах есть необходимость принятия решений: выбора режима работы барокамеры на первом сеансе лечения и последующей корректировки режима в соответствии с состоянием пациента во время сеанса. Для выбора оптимальных настроек аппаратуры, наилучшим образом подходящих конкретному больному, в зависимости от его диагноза, общего состояния, сопутствующих заболеваний, могут быть полезны известные результаты лечения пациентов с подобными показателями, проходивших процедуры терапии ранее.

Анализ причинно-следственных зависимостей процесса баротерапии проведен на базе реальных данных (фрагмент базы - около 4000 сеансов), предоставленных Донецким центром гипербарической оксигенации, в котором хранятся данные о сеансах баротерапии за несколько десятков лет.

Данные о состоянии пациентов во время сеансов были получены на оборудовании Cardio+ и зафиксированы в базе данных программного обеспечения Unicard. Для рассматриваемой задачи (анализ вариабельности сердечного ритма) необходима информация о длительности интервалов между сердечными сокращениями (RR-интервалов), записанными в течение всего сеанса, разбитого на пятиминутные интервалы.

В разработанном в ГУ ИПИИ программном обеспечении реализован импорт информации из базы данных Unicard. Из таблиц форматов MS Access считываются данные о пациентах, проходивших курс лечения в центре ГБО, и проведенных сеансах лечения (используется технология ActiveX Data Objects), а информация о длительности RR-интервалов – из соответствующих бинарных файлов.

Кроме этого, в приложении используются данные из журналов сеансов, которые сотрудниками центра ГБО подготовлены в формате таблиц MS Excel, величина давления в барокамере, время компрессии, изопрессии, декомпрессии, температура. Доступ к этой информации обеспечивается средствами Microsoft OLE.

Вся полученная информация сохраняется в базе данных и используется для дальнейших расчетов:

- определения показателей вариабельности сердечного ритма;
- оценки динамики состояния пациента в ходе лечебного курса.

Впоследствии на основе результатов анализа ВСР в ходе сеансов, а также данных о пациентах и режимах работы барокамеры по алгоритму C4.5 строится дерево решений, фрагмент построения которого представлен на рис.1. Это позволяет выбрать наилучшую стратегию лечения вновь поступающих больных:

- выбор первоначального режима работы барокамеры (при первом сеансе);
- корректировка настроек аппаратуры в последующих сеансах баротерапии.

Алгоритм C4.5 применяют в интеллектуальном анализе данных в качестве классификатора дерева решений, который может использоваться для генерации решения на основе определенной выборки данных (одномерные или многомерные предикторы). Преимущества C4.5 перед другими системами дерева принятия решений: алгоритм по своей сути использует однопроходный процесс сокращения для

уменьшения переобучения; может работать как с дискретными, так и с непрерывными данными; очень хорошо справляется с проблемой неполных данных.

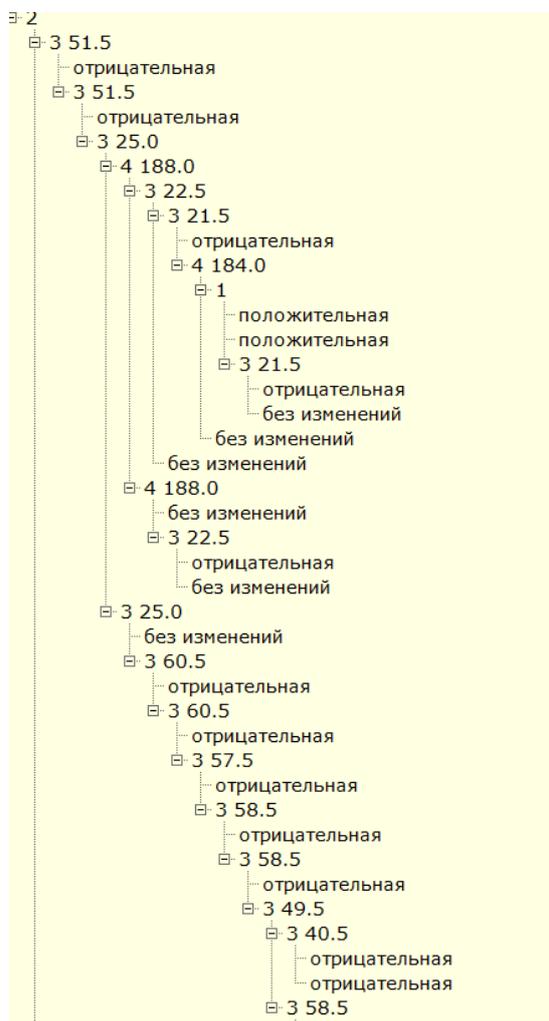


Рисунок 1 - Фрагмент построения дерева решений

Технологии реализации системы: Borland Delphi, SQL, Paradox. Схема обработки и передачи данных, программные модули системы; визуализация процесса баротерапии; оригинальный алгоритм выбора начального режима баротерапии; прогноз динамики показателей вариабельности сердечного ритма пациента для следующих сеансов баротерапии [10-12].

Фрагменты программного кода построения дерева решений представлены ниже.

```
// ***** сумма энтропии числовых признаков *****  
Function Sum_EntropyN (attr_num:  
integer; Quer: string; var Imax: TImax;  
S0: real): real;  
var S1, S2, SdMin, SD, valsr: real;  
str, name_attr, name_rab, stwhere,  
dynam, dynam_next, rabb: string;
```

```

        i, k, kk, признак: smallint;
        n1, n2, value, value_next:
integer;
begin
    With DataModule2 do begin
        SdMin: = 10;
        Imax[attr_num]: = 0;
        name_attr: =
attribute_name[attr_num];
        stwhere: = Quer;
        k: = length(Quer)-1;
        while(Quer[k] = ' ') do DEC(k);
        if (copy (stwhere, k-4,5) =
'WHERE') then Delete (stwhere, k-4,5);
        if (copy (stwhere, k-2,3) = 'AND')
then Delete (stwhere, k-2,3);
        kk: = length(name_attr)-1;
        while(name_attr[kk] <> '.') do
DEC(kk);
        name_rab: = copy (name_attr,
kk+1,20);
        QueryRab.Close;
        QueryRab.SQL.Text: = stwhere+'
ORDER BY ' + name_attr;
        QueryRab.Open;
        QueryRab.FindFirst;
        признак: =0;
        i: =0;
        value: = 0; value_next: =0;
        rabb: = QueryRab.SQL.Text;
        while i<= QueryRab.RecordCount-1 do
begin
            while (value_next = value) do
begin
                if i =
QueryRab.RecordCount-1 then begin
признак: =1; break; end;
                value: =
QueryRab.FieldName (name_rab).
AsInteger;
                QueryRab.FindNext;
                value_next: =
QueryRab.FieldName (name_rab).
AsInteger;
                Inc (i);
            end;
            if признак = 1 then begin
                if Sdmin <> 10 then break;
                Sdmin: = S0;
                Imax[attr_num]: =
value_next;
                break;
            end
            else begin
                valsr: =
(value+value_next)/2;
                str: = Quer+'
('+name_attr+' <= '+
Format('%4.1f', [valsr]) +') AND ';
                S1: = Entropy (str, n1);
                str: = Quer+'
('+name_attr+' > '+ Format ('%4.1f',
[valsr]) +') AND ';
                S2: = Entropy (str, n2);
                if ((n1+n2) <> 0) then Sd:
= SimpleRoundTo ((n1*S1/(n1+n2) +
n2*S2/(n1+n2)), -2)
                else Sd: = 0;
                if Sd < SdMin then begin
                    Imax[attr_num]: = valsr;
                    SdMin: = Sd;
                end;
                if i =
QueryRab.RecordCount-1 then break;
                value: = value_next;
                QueryRab.FindNext;
                value_next: =
QueryRab.FieldName (name_rab).
AsInteger;
                Inc(i);
            end;
        end;
        Result: = SdMin;
    end;
end;
// ***** сумма энтропии текстовых
признаков *****
Function Sum_EntropyS (attr_num:
integer; Quer: string; S0: real): real;
var S: array [1..17] of real;
    sum_info, sumn: array [1..17] of
integer;
    Sum: integer;
    i, nn: smallint;
    SplitInfo, Gain: real;
    name_attr, name_val, str: string;
begin
    Sum: =0; SplitInfo: =0; Gain: =0;
    Result: =0;
    nn: = attribute_size[attr_num]; //
массив размерностей значений атрибутов
    name_attr: =
attribute_name[attr_num];
    for i: = 1 to nn do begin
        name_val: = attribute_value
[attr_num, i];
        str: = Quer+' ('+ name_attr +'
= '+''''+name_val+''''+') AND';
        S[i]: = Entropy (str, sumn[i]);
        Sum: = Sum+sumn[i];
        DataModule2.QueryTree. Close;
        DataModule2.QueryTree.SQL.Text:
= Quer+' ('+ name_attr +' =
+''''+name_val+''''+') ';
        DataModule2.QueryTree. Open;
        sum_info[i]: =
DataModule2.QueryTree. RecordCount;
    end;
    if Sum = 0 then begin Gain: =0;
SplitInfo: =0; Result: =S0; end
    else begin
        for i: = 1 to nn do begin
            Gain: = Gain +
S[i]*sumn[i]/Sum;
            if sum_info[i] <>0 then
SplitInfo: = SplitInfo +
(sum_info[i]/Sum) *
(log2(sum_info[i]/Sum));
        end;
        if SplitInfo <> 0 then Result:
= (S0- Gain)/ -SplitInfo
        else Result: = S0- Gain;
        Result: = SimpleRoundTo
(Result, -2);
    end;
end;

```

Выводы

Для повышения эффективности, безопасности гипербарической оксигенации и автоматизации процесса баротерапии целесообразно использовать интеллектуальную систему поддержки принятия решения. Разработка экспертной системы поддержки принятия решений для автоматизации процесса баротерапии выполнена в результате совместного сотрудничества ГУ «Институт проблем искусственного интеллекта» (г. Донецк, ДНР) и Донецкого национального медицинского университета им. М. Горького. Разработанная интеллектуальная система формирует базу данных информации о пациентах и параметрах сеансов; позволяет на основе систематизации данных по алгоритму дерева решений C4.5 выбрать начальный режим баротерапии и выполнить прогноз динамики показателей ВСП пациента для следующих сеансов баротерапии.

Разработанная экспертная система поддержки принятия решений для автоматизации процесса баротерапии успешно прошла предварительные испытания и опытную эксплуатацию в Республиканском центре профпатологии и реабилитации МЗ ДНР согласно разработанной ГУ «ИПИИ» Программе и методике испытаний.

Литература

1. Practical results of creating a multiservice intelligent system automated access to scientific and technical information. / Bondarchuk V.V., Ivanova S.B., Kravchenko N.M. // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences. 7-8 — 2019. DOI: 10.29013/AJT-19_7_8.
2. Технологии реализации цифровых интегрированных платформ. / Бондарчук В.В., Кравченко Н.М., Ключанова Т.Д. // Наука и образование: сохраняя прошлое, создаем будущее: сборник статей XIX Международной научно-практической конференции. В 2 ч. Ч. 1. – Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». – 2019. – С. 69-71.
3. Практика внедрения многофункциональной системы повышенной безопасности: достижения и перспективы: // В.В. Бондарчук, С.Б. Иванова, Н.М. Кравченко, Т.Д. Ключанова // Инновационное развитие науки и образования: сборник статей VI Международной научно-практической конференции. – Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». – 2019. – С. 49-51.
4. Бондарчук, В.В. Принципы построения и реализации экспертных интеллектуальных систем процесса взаимодействия гипербарического состояния и контролируемых параметров объектов. Евразийский Союз Ученых (ЕСУ). Ежемесячный научный журнал №81/ декабрь 12 / 2020 – С.16-21. DOI: 10 3168/ESU.2413-9335.2020.5.81.1165.
5. Bondarchuk, V. Theoretical aspects of rheocardiography visualization in expert barotherapy systems. Eurasian Union Scientists, 8/89 т.1 / сентябрь, 2021 – С. 3-5. - <https://doi.org/10.31618/ESU.2413-9335.2021.1.89.1427>.
6. Ladaria Elena G. Principles for Implementing an Intelligent Decision Support System in the Barotherapy Process [Текст] / Ladaria Elena G., Bondarchuk Victoria V., Kravchenko Nataliya M. // The 5th International scientific and practical conference “Perspectives of world science and education” (January 29-31, 2020) CPN Publishing Group, Osaka, Japan, 2020. – PP. 114–116.
7. Бондарчук В. В. Методологические аспекты моделирования интеллектуальной системы поддержки принятия решений для формирования режимов гипербарической оксигенации [Текст] / В.В. Бондарчук, Е. Г. Ладария, Н. М. Кравченко // The 6th International scientific and practical conference «Dynamics of the development of world science» (February 19-21, 2020) Perfect Publishing, Vancouver, Canada, 2020. – PP. 391–399.
8. Bondarchuk Victoria V. Generation of the Intellectual Decision-Making Software for Forming Hyperbaric Oxidation Modes Prospects for Development [Текст] / Bondarchuk Victoria V., Ladaria Elena G., Kravchenko Nataliya M. // The 2nd International scientific and practical conference «Eurasian scientific congress» (February 24-25, 2020) Barca Academy Publishing, Barcelona, Spain, 2020. – P. 137–142.
9. Бондарчук В. В. Принципы построения и реализации экспертных интеллектуальных систем процесса взаимодействия гипербарического состояния и контролируемых параметров объектов [Текст] / В. В. Бондарчук // Евразийский Союз Ученых (ЕСУ). Ежемесячный научный журнал. – № 81/ декабрь 12 / 2020 – С. 16–21. DOI: 10 3168/ESU.2020 1.75.8282.
10. Распознавание параметров variability сердечного ритма по кардиосигналу в процессе баротерапии [Текст] / Кравченко Н. М., Ладария Е. Г., Ключанова Т. Д., Бондарчук В. В. // Международный рецензируемый научно-теоретический журнал «Проблемы искусственного интеллекта», 2020. – № 2 (17). – С. 28–35.
11. Экспертная система процесса баротерапии [Текст] / Кравченко Н. М., Ключанова Т.Д., Бондарчук В.В., Гринцова А.А., Денисенко А.Ф. // Международный рецензируемый научно-теоретический журнал «Проблемы искусственного интеллекта». – 2021. – № 2 (21). – С. 34–42.

12. Бондарчук В.В., Кравченко Н.М.
Интерпретация событий генерирования
программного обеспечения процесса
баротерапии / В. В. Бондарчук, Н.М. Кравченко //

Евразийский Союз Ученых (ЕСУ). Ежемесячный
научный журнал. – № 90/ октябрь 10 / 2021 – С.
9-13.

Кравченко Н.М., Бондарчук В.В., Ключанова Т.Д. Реализация машинного обучения в интеллектуальной системе процесса баротерапии. Выполнен аналитический обзор современных научных исследований по вопросу автоматизации процесса баротерапии, который подтвердил актуальность проблемы, ее соответствие приоритетным научным направлениям в медицине. Представлена реализация машинного обучения в интеллектуальной системе процесса баротерапии. Приведены фрагменты программного кода алгоритма дерева решений. Разработанная экспертная система поддержки принятия решений для автоматизации процесса баротерапии успешно прошла предварительные испытания и опытную эксплуатацию в Республиканском центре профпатологии и реабилитации.

Ключевые слова: баротерапия, машинное обучение, интеллектуальная система, экспертная система, поддержка принятия решений.

Kravchenko N.M., Bondarchuk V.V., Klyushanova T.D. Implementation of machine learning in the intellectual system of the barotherapy process. An analytical review of modern scientific research on the automation of the barotherapy process has been carried out, which confirmed the relevance of the problem, its compliance with priority scientific directions in medicine. The implementation of machine learning in the intelligent system of the barotherapy process is presented. Fragments of the program code of the decision tree algorithm are given. The developed expert decision support system for automating the barotherapy process has successfully passed preliminary tests and trial operation at the Republican Center for Occupational Pathology and Rehabilitation.

Keywords: barotherapy, machine learning, intelligent system, expert system, decision support.

Статья поступила в редакцию 19.11.2021
Рекомендована к публикации профессором Шелеповым В. Ю.