

О ВЗАИМОСВЯЗИ БИОХИМИЧЕСКИХ И ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ С КОСМОФИЗИЧЕСКИМИ ФАКТОРАМИ, ВЫЯВЛЕННОЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ DEEP DATA DIVER

Э.С. Горшков, В.В. Иванов

Санкт-Петербургский Филиал Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн РАН, 199034 Санкт-Петербург, ул. Менделеевская, д. 1, e-mail: sl_iva@mail.ru

Выбор базы данных

Проведение мониторинговых исследований биохимического механизма адаптации человека к экстремальным условиям Антарктики сопровождалось одновременной регистрацией целого ряда параметров: физиологических, психофизических, а также космофизических факторов ($K\Phi\Phi$) и метеорологических данных.

К ним относятся физиологические показатели: частота пульса $ЧП$ (уд/мин), частота дыхания $ЧД$ (циклов дыхания/мин), их отношение $K = ЧП/ЧД$, показатель напряжённости сердечного ритма K_I , артериальное давление - систолическое $ДС$ и диастолическое $ДД$ (мм.рт.ст); психофизические показатели: длительность "индивидуальной минуты" $ДИМ$ (с), тремор левой и правой руки $ТЛ$ и $ТП$ (у.е), превышение тремора правой руки над левой $ПТ = ТП - ТЛ$; показатели медикаментозного тестирования: уровень электропроводимости в точках акупунктуры щитовидной железы $ЩЖ$ и $Гип$ (у.е). А также космофизические факторы: продольная, горизонтальная и вертикальная составляющие магнитного поля Земли E , H и Z (nTl), электрическое поле E_p (В/м), межпланетное магнитное поле (флуктуации знака секторной структуры) $ММП$ (у.е), интенсивность солнечного радиоизлучения на частоте 2800 МГц (10.7 см) $СА$ ($10^{-22} \cdot \text{Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{Гц}^{-1}$), основные возмущения от Солнца на Луну λ (град), лунная фаза $ЛФ$ (град), отклонение абсолютного времени обращения Земли вокруг оси от среднего уровня (определяемое уравнением времени) $УВ$ (мин), отклонение оси Земли от полюса мира (определяемое уравнением равенств) $УР$ (град); метеорологические данные: температура наружного воздуха $ТН$ и внутри помещения $ТВ$ (град), атмосферное давление $АД$ (мм.рт.ст).

Произведён отбор наиболее информативных из них путём анализа диаграмм рассеяния каждой пары переменных, их регрессионных кривых с доверительными интервалами 95% и уровней корреляционной связи между показателями. В качестве зависимых переменных принимались количества ($\sum S_{SH}$, $\sum ur$ в мкМ) и концентрации (C_{Sh} , C_{ur} в мкМ/л) тиолов и урохрома в моче.

Показано, что практически все физиологические (за исключением частоты пульса) и космофизические (кроме составляющих магнитного поля Земли) имеют распределения отличные от нормального. Корреляционные связи заметно проявились лишь внутри группы биохимических показателей.

Исследованы возможности использования различных методов взаимного анализа различных параметров. Выявлено их основное концептуальное ограничение, состоящее в том, что они позволяют обнаружить только числовые зависимости между переменными (группами), а не лежащие в их основе внутренние причинные связи.

Результаты исследования внутренних взаимосвязей показателей с использованием новых методов анализа

Новые методы Data Mining (обнаружение знаний в базе данных) и, в частности, одна из новых систем, реализующих новый принцип и технологию поиска логических закономерностей в исследуемых данных (Deep Data Diver), позволяют решать обозначенную выше проблему [1, 2]. При этом система Deep Data Diver предназначена для поиска в разнородных данных if-then правил, при оценке которых используются две характеристики – точность правила R_{ij} (доля случаев B_j среди случаев A_i) и полнота (доля случаев A_i среди случаев B_j).

Использование информации об особенностях логической обработки, изложенных в [1, 2], позволило авторам получить определённые результаты, вскрывающие внутренние взаимоотношения между исследуемыми показателями. При этом основой получения результатов являлось, прежде всего, исследование всей совокупности взаимосвязей, выявляемых для каждой пары переменных из диаграмм рассеяния и линий регрессии с их $ДИ95\%$.

Выполнен анализ взаимосвязей каждой пары переменных: биохимических показателей, с одной стороны, и физиологических, психофизических, показателей медикаментозного тестирования - с другой. Для ряда биохимических показателей определены логические законы (в соответствии с правилом Deep Data Diver), достоверные и однозначные (в силу проявления характерных особенностей каждого закона в единственном интервале анализа):

if $ЧП=72-75 \wedge ЧД=11.3-12.1 \wedge K=5.82-6.26 \wedge K_j=3.08-4.18$ then $\sum_{SH}=10.5-22$;
 if $K=8.87-9.31 \wedge Гун=38-43 \wedge ДС=111-117 \wedge ДД=75-78.5 \wedge ТЛ=62-71 \wedge ТП=58-68$ then $\sum_{SH}=36-48.2$;
 if $ЧП=72-75 \wedge ЧД=11.3-12.1 \wedge K_j=3.08-4.18 \wedge ДИМ=57-62 \wedge ЩЖ=59-64 \wedge ДД=102-105$ then $\sum_{ur}=7.18-15$;
 if $ДИМ=45-47 \wedge ЩЖ=41-43 \wedge Гун=38-43 \wedge ДС=111-117 \wedge ТП=58-68$ then $\sum_{ur}=25-45.8$;
 if $ЧП=72-75 \wedge ЧД=11.3-12.1 \wedge K=5.82-6.26 \wedge K_j=3.08-4.18$ then $C_{SH}=15.4-40$;
 if $ДС=111-117 \wedge ДД=75-78.5$ then $C_{SH}=66-97.9$;
 if $K_j=3.08-4.18 \wedge ДИМ=57-62 \wedge ЩЖ=59-64 \wedge Гун=64-67 \wedge ДС=159-165 \wedge ДД=102-105 \wedge ТП=100-105 \wedge ПТ=22.4-29.2$ then $C_{ur}=8.1-26$;
 if $ДИМ=45-47 \wedge ЩЖ=41-43 \wedge Гун=38-43 \wedge ДС=111-117 \wedge ДД=75-78.5$ then $C_{ur}=49-105$.

Полученные выше закономерности позволяют определить новые элементы взаимоотношений показателей. В частности, снижение уровней биохимических показателей \sum_{SH} до 22-10.5 (min), \sum_{ur} до 15-7.2 (min), C_{SH} до 40-15.4 (min), C_{ur} до 26-8.1 (min), сопровождается ростом, практически до максимальных значений уровней $ЧП$, $ЧД$, $ДС$, $ДД$, $ДИМ$, $ТЛ$, $ТП$, $ПТ$, $ЩЖ$, $Гун$. Верхние же уровни показателей \sum_{SH} от 36 до 48.2 (max), \sum_{ur} от 25 до 45.8 (max), C_{SH} от 66 до 97.9 (max), C_{ur} от 49 до 105 (max), напротив, соответствуют низким уровням $ЧП$, $ЧД$, В качестве интерпретации полученных результатов может служить следующее заключение. Активация физиологических, психофизических и других функций организма (а следует заметить, что уровни этих показателей заметно превышают нормальные) сопровождается резким снижением количества выводимых с мочой тиолов и урохрома и их концентрации. Это происходит, на наш взгляд, за счёт усиления интенсивности окислительных процессов в организме человека (и, прежде всего, в сердечно-сосудистой системе), при прохождении которых существенная часть исследуемых биосубстратов “сгорает”, в том числе, из-за поступления в легкие и усвоения ими большего количества вдыхаемого с воздухом кислорода. Во втором случае, характеризуемом состоянием угнетения функций организма, “излишки” тиолов и урохрома выводятся с мочой. Если это справедливо, то именно промежуточные уровни биохимических, физиологических, психофизических и других показателей обеспечивают гомеостаз. При этом их числовые значения, имеют отношение не только к “золотым” пропорциям или среднестатистическим нормам, но и к их медианам (применительно к диаграммам распределения) или центрам притяжения (применительно к аттракторам). А это значит, что уровни $\sum_{SH} = 22-36$, $\sum_{ur} = 15-25$, $C_{SH} = 40-66$, $C_{ur} = 26-49$ и среднее отношение $C_{SH}/C_{ur} = 1.46 \pm 0.2$ характеризуют норму функционального состояния тиол-урохромной системы организма.

Применительно к показателю K примечательным является тот факт, что для $K = 6.85$ (число имеющее отношение к “золотой” пропорции) биохимические показатели практически соответствуют значениям медиан в диаграммах распределения: $\sum_{SH} = 27.5 \pm 1.5$, $\sum_{ur} = 19.5 \pm 1.4$, $C_{SH} = 45.5 \pm 2$, $C_{ur} = 36.5 \pm 3.5$. Аналогичные интервалы (включающие соответствующие значения медиан, также имеющие отношение к “золотой” пропорции) характеризуют показатели $ЧП = 63$ уд/мин, $ЧД = 9.2$ цд/мин.

Выполнен аналогичный анализ взаимосвязей каждой пары переменных: биохимических показателей, с одной стороны, и космофизических, - с другой. Также определены логические законы (в соответствии с правилом Deep Data Diver) для ряда биохимических показателей.

if $УВ=14-10.9 \wedge СА=152-168 \wedge ЛФ=105-174 \wedge ММП=0.6-1 \wedge УР=(-0.95)-(-0.93)$ then $\sum_{SH}=10.5-24$;
 if $E=15.5-35 \wedge Ep=239-275 \wedge УВ=(-13.9)-(-17) \wedge УР=(-1.15)-(-1.13) \wedge \lambda(+)=1.8-2$ then $\sum_{SH}=34-48.2$;
 if $ЛФ=105-174 \wedge ММП=(-0.6)-(-0.4) \wedge \lambda(+)=0.6-0.8 \vee 1-1.2$ then $\sum_{ur}=7.18-15$;
 if $H=195-228 \wedge Z=8.57-87 \wedge УВ=(-1.5)-(-4.6) \wedge ЛФ=174-209 \wedge УР=(-1.13)-(-1.09)$ then $\sum_{ur}=26-45.8$;
 if $\lambda=(-1.25)-(-0.85) \wedge СА=152-168 \wedge ЛФ=140-174 \wedge УР=(-0.95)-(-0.93)$ then $C_{SH}=15.4-42$;
 if $\lambda=(-1.25)-(-0.85) \wedge ММП=(-0.6)-(-0.4)$ then $C_{ur}=8.1-25$;
 if $УВ=(-1.5)-(-4.6) \wedge УР=(-1.13)-(-1.09)$ then $C_{ur}=45-105$.

Полученные закономерности позволяют определить новые элементы взаимоотношений космофизических факторов с биохимическими показателями. В частности, рост практически до максимальных значений уровней: уравнения равенств (УР) (удаление оси Земли от полюса мира) и падение до минимальных уровней: уравнения времени (УВ) (рост орбитальной скорости Земли), сопровождается снижением уровней биохимических показателей до $\sum_{SH} = 24-10.5$ (min), $\sum_{ur} = 15-7.2$ (min), $C_{SH} = 42-15.4$ (min), $C_{ur} = 25-8.1$ (min). При этом связь с ММП проявляется по-разному. Минимальным значениям: \sum_{SH} соответствует средний участок “+” секторной структуры, а \sum_{ur} и C_{ur} - участок “-”

секторной структуры *ММП*. Верхние же уровни биохимических показателей ($\sum_{SH} = 34-48,2$ (max), $\sum_{ur} = 26-45,8$ (max), $C_{SH} = 63-97,9$ (max), $C_{ur} = 45-105$ (max)) соответствуют максимальным уровням продольной составляющей магнитного поля Земли (*E*), электрического поля (*Ep*), *VB*, и минимальным – вертикальной составляющей магнитного поля Земли (*Z*), *VP*.

Дальнейший анализ связей \sum_{SH} , \sum_{ur} , C_{SH} , C_{ur} и ряда космофизических факторов выявил следующие особенности. В интервале перехода *VB* через нуль (четыре точки, характеризующие среднюю орбитальную скорость Земли) \sum_{SH} и C_{SH} заметно снижают (с ростом *VB*) свои уровни, при этом \sum_{SH} переходит из максимума в минимум. Что касается \sum_{ur} , C_{ur} , то эти показатели в данном интервале значительно выше средних уровней, а \sum_{ur} максимально. При анализе связи лунной фазы (*ЛФ*) с \sum_{SH} , \sum_{ur} , C_{SH} и C_{ur} нельзя не обратить внимание на два провала в динамике показателей, один из которых включает полнолуние, а другой $\frac{3}{4}$ Луны. Влияние знака секторной структуры *ММП* значимо проявилось прежде всего для \sum_{SH} : при переходе через нуль (от “-“ к “+” секторной структуре *ММП*) уровень показателя резко снижается от максимума к минимуму.

При анализе внутренних связей *VB* с \sum_{SH} , \sum_{ur} , C_{SH} , C_{ur} обращает на себя внимание практически синусоидальный характер (с линейным трендом) линий регрессии \sum_{SH} , C_{SH} и *VB*. В это же время изменения \sum_{ur} и C_{ur} носят характер волны с вершиной посередине.

Выполнен анализ взаимосвязей каждой пары переменных: биохимических показателей, с одной стороны, и метеорологических данных, - с другой. Определены логические законы (в соответствии с правилом Deep Data Diver) для ряда биохимических показателей.

if $TH=(-40)-(-30) \wedge TB=9-10.4$ then $\sum_{SH}=10.5-22$;
 if $TH=(-30)-(-24) \wedge TB=20.8-22.2$ then $\sum_{SH}=32-48.2$;
 if $TH=(-51)-(-45) \wedge TB=9-10.4$ then $\sum_{ur}=7.18-15$;
 if $TH=(-40)-(-30) \wedge TB=9-10.4$ then $C_{SH}=15.4-30$;
 if $TH=(-30)-(-24) \wedge TB=20.8-22.2$ then $C_{SH}=60-97.9$;
 if $TH=(-51)-(-45) \wedge TB=9-10.4$ then $C_{ur}=8.1-20$.

Полученные закономерности позволяют определить некоторые элементы взаимоотношений метеорологических данных с биохимическими показателями. Так, низкие значения уровней \sum_{SH} и C_{SH} приходится на диапазон температур наружного воздуха, характеризующий начало и конец лета (полярного дня): от (-40) до (-30) град. Что касается \sum_{ur} и C_{ur} , то их минимумы соответствуют температуре начала и конца зимы (полярной ночи): от (-50) до (-45) град. С ростом внутренней температуры в помещении наблюдается спокойная тенденция роста уровней тиоловых показателей. Показатели же урохрома резко меняют свои уровни (от минимума до максимума) в диапазоне температур 9-12 градусов, сохраняя в дальнейшем практическое постоянство.

Поскольку индекс окисляемости тиолов *Iok* является, своего рода, критерием оценки окислительно-восстановительного равновесия в живом организме, проведён поиск достоверных внутренних связей между ним и исследуемыми показателями, космофизическими факторами и метеорологическими данными с использованием тех же элементов технологии логического поиска закономерностей (Deep Data Diver). Получены интересные факты, определяющие взаимоотношения между ними. В частности, оказалось, что оптимальные значения *ЧП*, *ЧД* и их отношения связаны с минимальным уровнем *Iok* и значением длительности ”индивидуальной минуты”, равным 60 с, т.е. среднестатистической норме.

Выполнен анализ взаимосвязей каждой пары переменных: *Iok*, с одной стороны, и биохимических, физиологических, психофизических, космофизических показателей, метеорологических данных, - с другой. Для *Iok* определены логические законы (в соответствии с правилом Deep Data Diver).

if $\sum_{SH}=42-48.2 \wedge$ if $C_{SH}=84.1-97.9 \wedge$ if $ЧП=77-84 \wedge$ if $ЧД=9.14-9.87 \wedge$ if $ДС=166-172 \wedge$ if $ДИМ=59-61 \wedge$ if $VB=10.9-4.7 \wedge$ if $\lambda=(-0.8)-(-0.41) \wedge$ if $CA=118-135 \wedge$ if $ММП=0.8-1 \wedge$ if $AD=639-651$ then $Iok < 1.064$.
 if $\sum_{SH}=10.5-16.8 \wedge$ if $C_{SH}=15.4-29.2 \wedge$ if $n=12-14 \wedge$ if $ДС=160-166 \wedge$ if $ДД=102-107 \wedge$ if $ПТ=21-36 \wedge$ if $VB=(-4.6)-(-7.7) \wedge$ if $\lambda=(-1.99)-(-1.59) \wedge$ if $CA=185-219 \wedge$ if $ЛФ=35-105 \wedge$ if $VP=(-1.11)-(-1.09) \wedge$ if $TH=(-35)-(-30)$ then $Iok > 1.11$.

Хочется обратить внимание на некоторые факты, которые позволили прийти к интересным заключениям. Получается, что длительность ”индивидуальной минуты” равная 60 с и частота дыхания из интервала 9,14-9,87 цд/мин являются оптимальными по критерию минимума индекса окисляемости. Что касается $ДИМ = 60$ с, то это известная среднестатистическая норма. Частота же дыхания $ЧД = 9,14-9,87$, как выяснилось при рассмотрении взаимных внутренних связей *ЧП* и *ЧД* [3], имеет отношение к оптимальной по критерию “золотых пропорций” частоте пульса $ЧП = 63$ уд/мин [4]. По-видимому, именно эти показатели обеспечивают оптимальный режим функционирования сердечно-сосудистой и дыхательной систем организма.

Из анализа внутренних связей индекса окисляемости и лунной фазы следует, что максимум *Iok* приходится на 35-70 град (после новолуния), а минимум наступает в диапазоне, включающем полнолуние (174-209 град).

Выводы

Таким образом, использование новых подходов к обработке многомерной базы данных из методики Data Mining, реализующих принцип и технологию поиска логических закономерностей в исследуемой информации (Deep Data Diver), позволило обнаружить целый ряд внутренних связей и закономерностей, касающихся влияния космофизических и других факторов на состояние тиолурохромной системы организма человека и его адаптационные возможности.

Показано, что биохимические механизмы, лежащие в основе регуляции процессов жизнедеятельности любого организма или среды, реагируют на космофизические (и другие) воздействия лишь в отдельные периоды времени, которым соответствует определённое качественное и количественное сочетание этих факторов.

Поэтому проявление заболеваний (заметное ухудшение состояния здоровья и пр.) проявляется не всегда и с разной интенсивностью в одни и те же временные периоды (сезоны), так как связано с целым комплексом качественных и количественных критериев, характеризующих уровень воздействия всей группы действующих на организм факторов.

Полученные факты могут быть использованы, в ряде случаев, для прогнозирования состояния системы антиоксидантной защиты (тиолового статуса организма), в механизме которой ведущая роль отводится тиоловым соединениям.

Список литературы

1. Дюк В.А. Обработка данных на ПК в примерах. – СПб: Питерпресс, 1997. 231 с.
2. Дюк В.А. Компьютерная психодиагностика. – СПб: Братство, 1994. 363 с.
3. Иванов В.В., Костыгова К.Н., Кузнецова Т.Г., Шуваев В.Т. Сердечный ритм шимпанзе при различных эмоциональных состояниях в процессе целенаправленной деятельности /Рос. физиол. журн. им. И.М.Сеченова. Т.88. №9, 1225-1229. 2002.
4. Цветков В.Д. Ряды Фибоначчи и оптимальная организация сердечной деятельности млекопитающих. Препринт. Пущино, НИЦ биологических исследований АН СССР. 1984. 19 с.