

М.А. Косцов

МОДЕЛЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ИСХОДОВ ОПЕРАТИВНОГО ЛЕЧЕНИЯ В НЕЙРОХИРУРГИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ

Научный руководитель: канд. мед. наук А.В. Щемелёв

Белорусский государственный медицинский университет, г. Минск

РНПЦ неврологии и нейрохирургии, г. Минск

M.A. Kostsov

MODEL OF PREDICTION OF SURGICAL TREATMENT OUTCOMES IN NEUROSURGERY PRACTICE

Tutor: PhD A.V. Shchamialiou

Belarusian State Medical University, Minsk

RSPC of neurology and neurosurgery, Minsk

Резюме. Предложены компьютерные модели прогнозирования исхода нейрохирургического оперативного лечения пациентов с околостволовыми опухолями на основе предоперационных данных, определены наиболее прогностически значимые данные пациентов, проведено сравнение полученных моделей между собой.

Ключевые слова: искусственный интеллект, машинное обучение, нейрохирургия, прогнозирование.

Resume. Computer models for predicting the outcome of neurosurgical surgical treatment of patients with peristem tumors based on preoperative data are proposed, the most prognostically significant patient data are determined, and the resulting models are compared with each other.

Keywords: artificial intelligence, machine learning, neurosurgery, prediction.

Актуальность. В 1943 году было введено понятие нейронная сеть, а в 1959 была создана первая самообучающаяся компьютерная программа. Впервые в хирургической практике, для возможности дифференциальной диагностика острой боли в животе, технологии искусственного интеллекта применил Gunn в 1976 году [2]. В настоящее время они активно используются в фундаментальной медицине и фармакологии, создаются модели для анализа изображений инструментальных методов исследования и интраоперационных данных [3, 4].

Технологии искусственного интеллекта способны самостоятельно «обучаться», т.е. находить коэффициенты значимости (веса) входных параметров, а также использовать большое количество подаваемых данных для решения поставленных перед ними задач. Благодаря этим свойствам подобные технологии можно использовать в прогнозировании исходов оперативного лечения, основываясь на данных, полученных до, во время и после операции, что может повысить эффективность лечения благодаря дифференцированному подходу в определении тактики нейрохирургического лечения.

Количество публикаций, в которых модели машинного обучения применяются для поддержки принятия нейрохирургических решений, за последнее десятилетие быстро увеличилось [1]. Наиболее часто применяемыми алгоритмами являются нейронные сети, логистическая регрессия, машина опорных векторов, решающие деревья, решающие леса и наивный байесовский классификатор [4].

Большая часть исследований была сосредоточена на предоперационной оценке, планировании и прогнозировании исходов в спинальной нейрохирургии и функциональной нейрохирургии [4, 5].

Цель: создание прогностической модели на основе технологий искусственного интеллекта для повышения эффективности лечения пациентов с нейрохирургической патологией путём дифференцированного подбора хирургической тактики и планирования исходов оперативного лечения.

Задачи:

1. Ретроспективный сбор данных пациентов с нейрохирургической патологией, систематизация информации, статистическая обработка данных для поиска наиболее прогностически значимых параметров.

2. Обучение модели машинного обучения для определения вероятности развития осложнений в послеоперационном периоде.

3. Оценка качества прогнозирования модели на тестовых ретроспективных данных.

Материал и методы. Для создания прогностической модели использовались ретроспективные данные пациентов, проходивших лечение в РНПЦ неврологии и нейрохирургии. Для начала работы было решено использовать пациентов с околостволовыми опухолями (менингиомами мостомозжечкового угла, менингиомами большого затылочного отверстия, холестеатомами задней черепной ямки, невриномами V-XII черепно-мозговых нервов).

Для прогнозирования исхода были отобраны следующие параметры: пол, возраст, продолжительность клинических проявлений, предоперационный неврологический статус, наличие в анамнезе заболеваний сердечно-сосудистой системы, эндокринной системы, других онкологических заболеваний, проведённого ранее оперативного лечения, объём опухоли, локализация опухоли, наличие/отсутствие окклюзии ликвородинамических путей, оперативный доступ и объём резекции.

Результаты оперативного лечения классифицировались как:

0 – отсутствие послеоперационных осложнений;

1 – наличие характерных для данного оперативного вмешательства послеоперационных осложнений (шаткость походки, мимопопадание при выполнении пальце-носовой пробы);

2 – наличие характерных для данного оперативного вмешательства послеоперационных осложнений, значительно ухудшающих качество жизни (парез нерва, вторичный синдром сухого глаза, паралитический логофталм);

3 – жизнеопасные осложнения (развитие отёка мозга, кровоизлияния в ложе опухоли).

Обработка данных проводилась с использованием языка программирования Python и программного пакета «IBM SPSS Statistics 26». Модель создавалась с использованием языка программирования Python.

Результаты и их обсуждение. Группа пациентов состояла из 83 человек (с менингиомами – 15 человек, с холестеатомами – 3 человека, с невриномами – 65 человек). Среди них было 25 мужчин и 58 женщин. Средний возраст пациентов составил 50,37 лет (от 15 до 76 лет), стандартное отклонение 13,57 лет, медиана 52 года.

Средняя продолжительность клинических проявлений составила 33,22 месяца (от 0 до 204 месяцев), стандартное отклонение 42,87 месяцев, медиана 12 месяцев.

В результате оперативного лечения осложнения не возникли у 11 человек, осложнения группы 1 возникли у 17 человек, осложнения группы 2 возникли у 44 человек, осложнения 3 группы – у 11 человек.

Создана искусственная нейронная сеть, представляющая собой многослойный персептрон с 2 скрытыми слоями, содержащими 5 нейронов в первом слое и 3 нейрона во втором с сигмоидной функцией активации. Отношение выборки для обучения и выборки для тестирования было 60% на 40% соответственно.

Наибольшую прогностическую значимость выявлена у параметров наличие/отсутствие окклюзии ликвородинамических путей (нормализованная важность – 100%), возраст (нормализованная важность – 98,7%), продолжительность клинических проявлений со слов пациента (нормализованная важность – 61%), наличие в анамнезе заболеваний сердечно-сосудистой системы (41,5%) (рисунок 1).

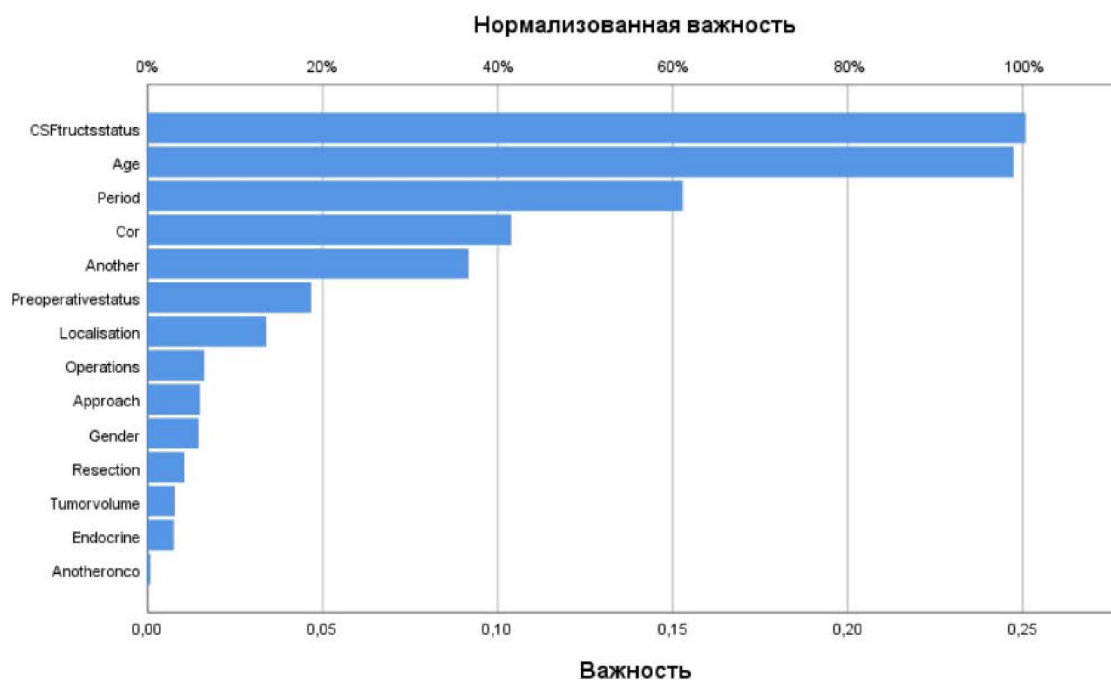


Рис. 1 – Нормализованная важность параметров, определённая алгоритмом искусственной нейронной сети

По результатам работы нейронной сети были построены ROC-кривые для каждой группы исходов и определены площади по кривой (AUC). Для 0 группы исходов AUC составила 0,732, для 1 группы исходов – 0,683, для 2 группы – 0,904, для 3 группы – 0,902 (рисунок 2).

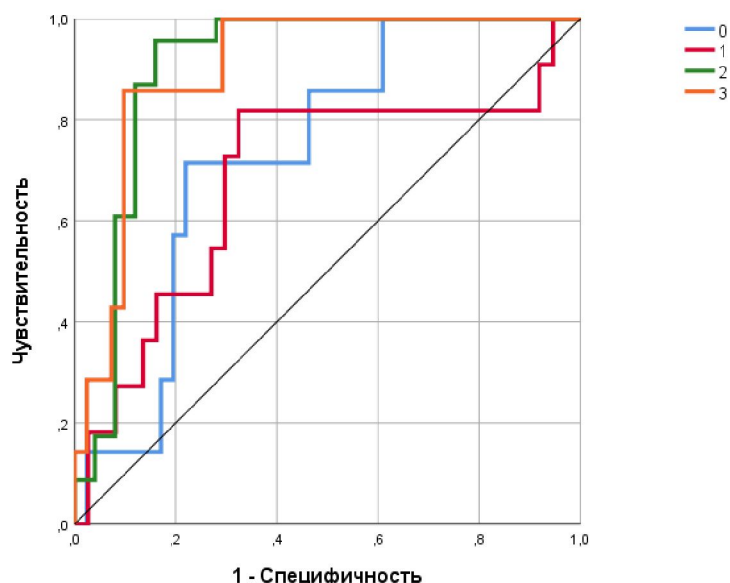


Рис. 2 – ROC-кривые для каждой группы исходов, полученные в результате анализа работы искусственной нейронной сети

Дополнительно были использованы другие модели машинного обучения, такие как Extra Trees Classifier, машина опорных векторов (support vector machine, SVM), Random Forest Classifier, логистическая регрессия (Logistic Regression), деревья решений или решающие деревья (Decision Tree Classifier). Результаты их работы приведены в таблице 1. Наибольший прогностический потенциал при сравнении AUC показали модели машинного обучения Extra Trees Classifier и Random Forest Classifier.

Табл. 1. Метрики качества работы моделей машинного обучения

Модель машинного обучения	Точность (%)	AUC
Extra Trees Classifier	0,75	0,8186
SVM - Linear Kernel	0,85	0,5
Random Forest Classifier	0,8	0,8235
Logistic Regression	0,875	0,6275
Decision Tree Classifier	0,85	0,5

Выводы:

1. У пациентов с околостволовыми опухолями наибольшей прогностической значимостью определения исхода оперативного лечения обладают такие показатели, как наличие/отсутствие окклюзии ликвородинамических путей, возраст пациента, продолжительность клинических проявлений, наличие в анамнезе заболеваний сердечно-сосудистой системы.

2. Были обучены модели машинного обучения для прогнозирования вероятности развития послеоперационных осложнений: искусственная нейронная сеть, Extra Trees Classifier, машина опорных векторов, Random Forest Classifier, логистическая регрессия, деревья решений.

3. Наиболее высокий показатель AUC продемонстрировала искусственная нейронная сеть, также хороший результат продемонстрировали модели машинного обучения Extra Trees Classifier и Random Forest Classifier.

Литература

1. Artificial intelligence-enhanced intraoperative neurosurgical workflow: current knowledge and future perspectives / L. Tariciotti, P. Palmisciano, M. Giordano et al. // *Journal of Neurosurgical Sciences*. – 2022. – № 66. – P. 139-150.
2. Artificial intelligence in medicine / A. N. Ramesh, C. Kambhampati, J. Monson et al. // *Annals of The Royal College of Surgeons of England*. – 2004. – № 86. – P. 334-338.
3. Machine Learning and Neurosurgical Outcome Prediction: A Systematic Review / J. T. Senders, P. Staples, A. Karhade et al. // *World Neurosurgery*. – 2018. – Vol. 109. – P. 476-486.
4. Machine learning applications to clinical decision support in neurosurgery: an artificial intelligence augmented systematic review / Q. Buchlak, N. Esmaili, J. Leveque et al. // *Neurosurgical Review*. – 2020. – № 43. – P. 1235-1253.
5. Risk stratification in deep brain stimulation surgery: Development of an algorithm to predict patient discharge disposition with 91.9% accuracy / Q. Buchlak, M. Kowalczyk, J. Leveque et al. // *Journal of Clinical Neuroscience*. – 2018. – Vol. 58. – P. 26-32.