

Офталмологията в „ръцете“ на машината

Цветомир Димитров, Ива Димитрова,
Тодор Златков, Таня Димитрова

Изкуственият интелект вече е революционизирал медицината и в частност офталмологията, където помага все по-успешно за лечение на заболявания на ретината, на глаукома, в катарактната хирургия, в офталмопедиатрията, онкологията и др. Преди да се спрем по-подробно на тях, може би е редно да поясним и какво точно разбираме под ИИ, за да сме наясно какви са неговите възможности и особености.

И така: Изкуственият интелект е софтуер, който може да имитира когнитивни функции като учене, анализ и решаване на проблеми. Това дава възможност на машините да се учат от опита и да се приспособяват към нови изисквания. Има няколко вида изкуствен интелект.

Може би – като съвременници на събитията – все още не си даваме ясна сметка колко дълбоки и драматични промени преживява човечеството от края на миналия век насам. А промени има във всички области, но в някои от технологиите те са наистина революционни и една от тях е реалното навлизане на Изкуствения интелект (ИИ, понякога се използва и английската аббревиатура AI) в живота – в науката, във все повече професии и дори в бита.

При **простия автоматизиран генектор**, системата се захранва с алгоритъм, който идентифицира наличието или отсъствието на характеристики (медицински пример: местоположение, размери или контур на лезията) въз ос-

нова на обективни критерии. Този алгоритъм, базиран на правила, оценява характеристиките и в крайна сметка дава резултат (например диагноза) въз основа на идентифицираните модели. Правилата обикновено се пишат от програмисти или експерти, като се използват функции, които преди това са определили като важни.

По-напреднала форма на ИИ е **машинното обучение**. Входът в машинното обучение е набор от данни (изображения), а не предварително дефинирани



Проф. Цветомир Димитров завършва Медицински университет София, специалност „Медицина“ с отличен успех през 1995г. Придобива специалност „Офталмология“ през 2002 г. Освен това има специалност „Трудова медицина“, завършва магистратура и по здравен мениджмънт. Професор по очни болести, Изпълнителен директор на Първа УМБАЛ София,

алгоритми, написани от софтуерни инженери. Машинното обучение може да бъде допълнително класифицирано в три подобласти:

- **Неконтролираното обучение** (обучение без надзор), оставя машината сама да „научи“ класовете входни данни въз основа на представения набор от данни.

- **Контролираното обучение** представя на машината набор от данни и алгоритми, които са подготвени от експерти в областта.

- **Полуконтролираното обучение** е хибрид от горните два вида

ИИ е система, при която се използват изкуствени невронни мрежи (ИНМ). Тази система може да се използва както в контролирано и полуконтролирано, така и в неконтролирано обучение. ИНМ се състоят от няколко слоя: входен слой, където се въвеждат различни характеристики (например диагностични), които са определени предварително от програмисти и експерти по темата.

После данните се насочват към междинни слоеве на невронните мрежи и към краен изходен слой, който получава анализа от междинните слоеве и определя резултата (в медицината той е диагноза). Всеки слой се състои от множество невронни връзки, които извършват аналитична обработка, като подражание на невронните функции на мозъка.

Възлите, които са част от невронния слой, получават информация от множеството входове. Резултатът от работата на всеки възел в един слой след това се препредава на множество възли в следващия слой, където се извършва допълнителна обработка. На изходния слой в невронната мрежа се стига до вероятния резултат или класификация. Всяко изображение или данни обикновено се анализират няколко пъти, за да се максимизира ефективността на прогнозите на модела.

В простата невронна мрежа опростено има само два слоя: входен и изходен. Алгоритмите за дълбоко обучение обаче са невронни мрежи с разширен брой комуникационни слоеве между входните и изходните слоеве: от десетки до стотици, като има предварително зададени експертни диагнози.

Всеки вход на невронната мрежа води до изход, който служи като вход за следващия слой в серията. При връзките между слоевете се разпространява локална информация, споделяна между всички възли на слоя, като така се ограничава графично пространството и сложността на параметрите на обучението на модела. Анализът от всеки слой се предава през мрежата, докато крайният слой не получи резултата.

Разбира се, ИИ не е всесилен и има своите **ограничения**. Точността на резултатите е силно зависима от качеството на входовете. Това е описано като

феномена „боклук вътре, боклук вън“ – тоест, ако първоначалният набор от данни, представен на машината, е неадекватен, тогава прогнозите, генерирани от ИИ, ще бъдат грешни. Освен това препоръките за изход на ИИ могат да бъдат неправилни и при недостатъчно обучение и валидиране на алгоритмите това може да доведе до грешни диагнози.

А в медицината това е опасно. В нея залогът е здравето и дори животът на конкретен човек. Лечението е отговорност на лекаря, която не се отменя от погрешните прогнози на алгоритмите на ИИ. Реално лекарите могат да бъдат облекчени при използването на прогнозите на ИИ, но те винаги трябва да внимават дали тези прогнози потвърждават съществуващата клинична практика и да подхождат критично към процеса на взимане на решения.

Все пак ИИ може да служи като диагностичен инструмент, генериращ прогнози, които помагат положително на лечението на пациентите. Например, интегрирана с ИИ платформа за телемедицина, предназначена за скрининг и насочване на пациенти с катаракта, показва диагностична ефективност от над 90%. Тази платформа подобрява ефективността на лекарите, като им позволява да оценяват десет пъти повече пациенти годишно. Като резултат значително се повишава ефективността на диагностициране, което води до подобряване на грижите за пациента.

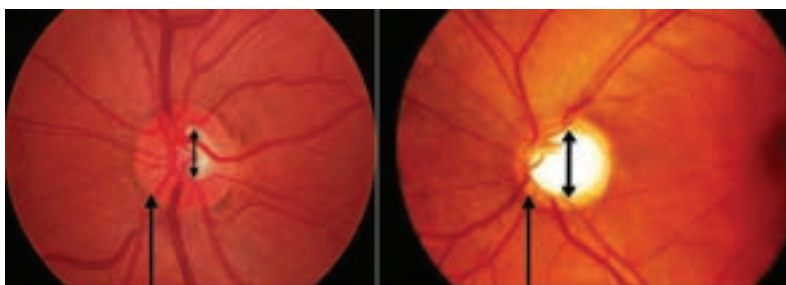
Изкуственият интелект реално и бързо се включи в клиничната практика на офталмологията и това води до повишаване производителността и подобряване на комуникацията с пациентите. Все още обаче много платформи за ИИ са в експериментална фаза и очакват въвеждане в клиничната практика, кое-



Д-р Тодор Златков, г.м. е завършил висшето си медицинско образование към Медицинска академия през 1980 година. Придобива специалност по офталмология през 1988 година, а образователна и научна степен „Доктор по медицина“ – през 1999. Има специализация по глаукома през 1996 г. в Ню-Йорк, за проблеми на ретината през 2002 г. в Кобленц, Германия, и за катаракта през 2006 г. в Тамил Наду. Автор на многобройни научни публикации в български и международни списания. В момента работи като офталмолог в Очна клиника към Първа УМБАЛ София

то ще подпомогне проследяването на заболяването, диагностиката и лечението.

При Глаукомата множество програми за дълбоко обучение са показали висока чувствителност и специфичност при разпознаването на глаукоматозни промени в зрителния нерв. Например, при анализ на зрителния нерв ИИ системите могат да анализират изображения на диска на зрителния нерв, за да открият признаци на глаукома и оптични невропатии. Чрез оценка на параметри като съотношение чаша-диск и дебелина на GCC (ganglion cell complex), алгоритмите



Нормален зрителен нерв (ЗН)

ЗН с глаукомна екскавация

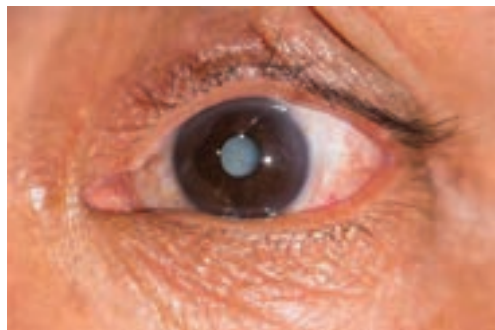
на ИИ могат да помогнат за ранното откриване и лечение на заболяването.

Тези показания на ИИ се основават на диагностични характеристики, които иначе трябва се оценяват от висококвалифициран експерт, включително констатации от оптична томография ОСТ (Optical coherence tomography) и цветна фундусна фотография, резултати от общи тестове и измервания на вътреочното налягане и дебелината на роговицата. В допълнение към тези ИИ системи, които проверяват за наличието или отсъствието на глаукома, има разработен алгоритъм за дълбоко обучение, който точно идентифицира suspectните за глаукома, а това позволява по-навременно лечение.

При катаракта са разработени програми за машинно обучение за откриване и класификация на заболяването. Налични са програми за идентифициране на вторична катаракта. Докладвани са и алгоритми за дълбоко обучение за оценка на врогена катаракта. Вече има и валидирана система, която демонстрира висока точност за идентифициране на зоната, плътността и степента на врогеното образуване на катаракта въз основа на снимки от биомикроскоп. Системите за машинно обучение за катаракта са показали, че могат адекватно да планират хирур-

гичната интервенция, както и да предвиждат вероятността от развитие на постоперативно задно капсулно помътняване. Изчисляването на диоптъра на вътреочната леща може да се извърши чрез методи за машинно обучение. Един забележителен пример е формулата Hill-RBF, която анализира следните въведени данни: аксиална дължина, дебелина на централната роговица, дълбочина на предната камера, дебелина на лещата, измерване на диаметър на роговицата и кератометрията.

В гермската офталмология навременната очна диагностика е от решаващо значение за запазването на зрението.



Катаракта става видима при осветяване с дифузна светлина. Тя се среща често при хората над 40 години и е масово разпространена над 80 години



Д-р Таня Димитрова завършва Медицински университет София, специалност „Медицина“ през 1995 г. Специалист по офталмология, има научни публикации в областта на очните заболявания – глаукома, макулна дегенерация, очен нерв, рефракция и др.

Включването на ИИ в практиките за скрининг и лечение може да помогне за постигане на оптимална офталмологична грижа при децата. Разработени са алгоритми за дълбоко обучение за оценка на страбизъм, онкозаболявания на окото, ексцесивна миопия, амблиопия, вродена катаракта и дегенерации на ретината и други рефрактивни аномалии.

ИИ помага значително при проблеми с **ретината**. Оптичната кохерентна томография (ОСТ) е обща техника за изобразяване, използвана в офталмологията за визуализиране на слоевете на ретината и диагностициране на очните състояния. ИИ алгоритмите могат да анализират ОСТ изображения, за да открият аномалии, да проследят прогресията на заболяването и да подпомогнат планирането на лечението при диабетна ретинопатия (DR), ретинопатия на недоносеното (ROP) и свързана с възрастта макулна дегенерация (AMD). Има приложения, одобрени за ползване,

като това за оценка и класификация на диабетната ретинопатия и на диабетния макулен оток.

При заболявания на ретината ИИ алгоритмите могат да сегментират изображенията на ретината в различни анатомични структури като макулата, оптичния диск и кръвоносните съдове. Тази сегментация помага при анализа на заболяванията на ретината и улеснява проследяването на прогресията на заболяването с течение на времето. Тези автоматизирани процеси на класифициране помагат да се даде приоритет на пациентите за лечение и проследяване въз основа на нивото и тежестта на заболяването.

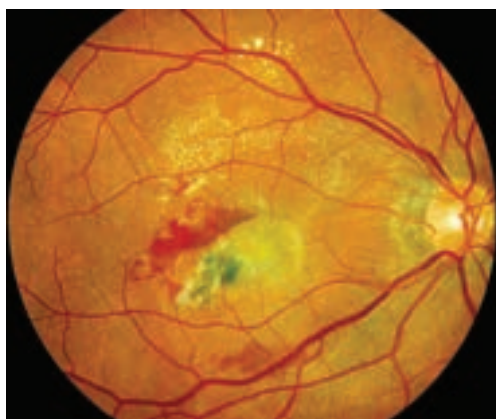
Изкуственият интелект има и редица други успешни приложения в офталмологията:

- **Виртуална реалност:** Симулациите на виртуална реалност, създавани от ИИ, се използват за обучение на офталмохирурзите в различни области като операция на катаракта и интервенции на ретината. Тези симулации осигуряват реалистична и интерактивна учебна среда за подобряване на хирургическите умения и резултати.

- **Прогнозтичен анализ:** Разработват се ИИ модели за прогнозиране на риска



Страбизъм (кривогледство) на лявото око



Очно дъно при дегенерация на макулата, свързана с възрастта

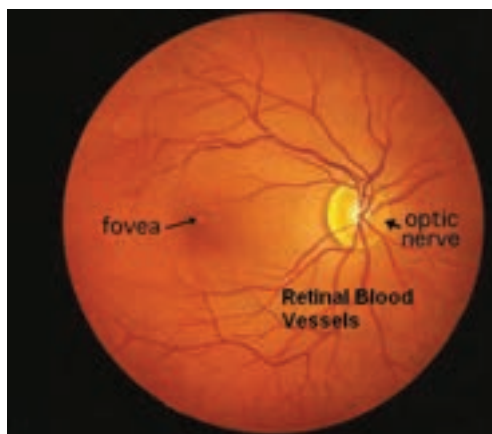
от развитие на определени очни заболявания въз основа на данни за пациентите, генетични фактори, навици на живот и фактори на околната среда. Тези прогнозни анализи могат да помогнат за идентифицирането на високорискови лица за ранна намеса и превантивни мерки.

- **Скрининг на пациенти и график за назначаване:** Платформите, задвижвани от ИИ, могат да помогнат при скрининга на пациентите, като анализират симптомите, медицинската история и данните за изображения, за да дават приоритет на назначенията за спешни случаи. Тези системи помагат за рационализиране на грижите за пациентите и оптимизиране на работните процеси в клиниката.

- **Управление на данни и електронни здравни досиета:** ИИ технологиите се използват за извличане на съответната информация от електронни здравни досиета, изображения и диагностични доклади, за да се подпомогнат офталмолозите при вземането на решения, планирането на лечението и изследванията.

Важна област е и дистанционното наблюдение на заболявания на ретината (**телемедицина**). Алгоритмите на ИИ могат да анализират изображения на ретината, заснети от ОСТ или даже от преносими устройства или приставки за смартфони, за да се наблюдава прогресията на заболявания на ретината, като диабетна ретинопатия и свързана с възрастта макулна дегенерация, в отдалечени или недостатъчно обслужвани райони. Тази технология позволява ранно откриване и навременна намеса, дори в региони с ограничен достъп до офталмологични грижи.

Персонализирано планиране на лечението. Алгоритмите на ИИ могат да анализират данните за пациентите, включително генетична информация, медицинска история, резултати от изображения и отговори на лечението, за да персонализират плановете за лечение на състояния като дегенерация на макулата, глаукома и заболявания на ретината. Чрез приспособяване на интервенциите към индивидуалните профили на пациентите, офталмолозите могат да оптимизират резултатите



Нормално очно дъно

и да сведат до минимум страничните ефекти.

Хирургична консултация в реално време: Системите с ИИ могат да предоставят насоки в реално време на офталмохирурзите по време на процедури като операция на катаракта, трансплантации на роговицата, окулопластика или витреоретинални операции. Чрез анализиране на хирургичните данни, проследяване на движенията на инструментите и предоставяне на обратна връзка за хирургичните техники, ИИ технологията с помощта на телемедицината, помага на хирурзите да постигнат оптимални резултати и да сведат до минимум усложненията.

Навлизането на ИИ в медицината обаче поставя и някои **етични проблеми**. Машината борава с големи масиви от данни, често включващи чувствителна информация за пациентите – медицинска история, диагностични изображения и записи за лечение. При тях трябва да се наложат стриктни стандарти за по-



Ива Димитрова е студент по медицина, 5 курс. Има интереси в областта на офталмологията и няколко научни публикации.

верителност и неразпространение на тези данни, като това трябва да е заложено в алгоритмите, но е нещо, което е отговорност и на лекарите.

В заключение – използвайки силата на ИИ в различни области като заболявания на ретината, глаукома, катаракта, офталмопедиатрия, онкология, окулопластика и други, офталмолозите могат значително да подобрят своята ефективност и диагностична точност, да оптимизират резултатите от лечението, да подобрят грижите за пациентите и да напреднат в научните изследвания в областта на офталмологията. ■



Изкуственият интелект помага на лекарите, но той не само че не може да ги замени, а не може да поеме и частица от тяхната отговорност

Африкански скакалец „минира“ сухи почви с яйцата си до ...7 години!

Отдавна е известно, че прелетните скакалци са едни от най-опустошителните насекоми, които носят огромни бедствия за хората и природата. И в нашата страна се помнят такива опустошителни нашествия през XVII и XIX в. на мароканския скакалец (*Locustana migratoria*), които са нанасяли огромни щети на селското стопанство главно в районите на Южна България. Ето как описва например един естествен нашествие на прелетни скакалци в Индия през XIX в.: „Когато скакалците кацаха на земята, дебел пласт от тях се простираше на 500 мили. Дърветата се пречупваха от тяхната тежест, а от цветущата земя оставаше гола пустиня“.

В някои страни и райони на Южна Африка също понякога се появяват нашествия от прелетни скакалци, които причиняват големи щети на природата и хората. Въпреки, че в тези страни често има засушливи периоди от по 5 – 6 години, които възпрепятстват развитието на скакалците, било установено, че често още в първата дъждовна година те отново масово се появявали и извършвали опустошителните си нашествия. Това заинтересовало международен екип от учени, които започнали по-детайлни проучвания на биологията на един от тези прелетни скакалци – кафявият прелетен скакалец *Locustana pardalina* и установили интересни особености в биологията на развитието на този прелетен вид. Резултатите от продължителните проучвания на биологията на развитието му показали, че той отлично понася дългите засушливи неблагоприятни периоди чрез „минирането“ на почвите с яйцата си по време на благоприятните дъж-



говни години и те можели спокойно да дочакат следващата дъждовна година.

В района на огромния южноафрикански район Кейп, в близост до Намибия и Ботсвана, последното масово нашествие на кафявия прелетен скакалец било през 2013 г. и оттогава започнало голямо засушаване, което прекъснало появата и нашествията и на скакалците. Когато през 2020 година започнали да валият отново обилни дъждове в района, се появили и масовите ята на този опасен вредител, които унищожили напълно и огромните царевични площи в района. Проучванията на учените показали, че този вид бил отлично адаптиран към засушливите условия, като снасял в почвите яйцата си през последното си нашествие на различни места на групички

до няколкостотин яйца. Обикновени тези групички, с които скакалците „минирали“ обитаваните от тях почви били доста големи – от 200 до 400 яйца и били снасяни в 6 – 10 различно разположени гнезда. Яйцата отлично преживявали продължителното засушаване в почвата, а при появата на първите дъждове развитието на техните ембриони се ускорявало доста бързо. Оказало се също, че независимо от времето на отлагането на различните групички яйца в почвата, още при първите дъждове започвало бързото им синхронно развитие, излюпване и появата на първите опустошителни ята. Тези странни адаптации на кафявия прелетен скакалец към своеобразните условия на Африканския континент силно затруднява прогнозирането на появата му и борбата с него.

По Наука и Жизнь