Check for updates

Review Article

Journal of Health and Biomedical Informatics
Medical Informatics Research Center
2022; 9(3):158-179
10.34172/jhbmi.2022.06

Clinical decision supports for brain-dead kidney allocation: a review study of requirements, challenges, and solutions

Moniri Marziye[1], Niazkhani Zahra[2], Makhdoomi Khadijeh[3], Rashidi Khazaee Parviz[4], Pirnejad Habibollah[5]*

• **Received:** 30 Aug 2022 • **Accepted:** 29 Nov 2022

Introduction: With the change in the epidemiology of diseases, chronic kidney disease has shown a significant increase worldwide. Kidney transplantation is the optimal treatment option to improve patient quality of life. The main challenge in benefiting from a brain-dead patient's kidney is the selection of a right recipient in limited time. The purpose of this study was to review the requirements for designing and implementing clinical decision support systems for allocating brain-dead kidneys and the challenges facing them.

Method: This scoping review was conducted by searching Scopus, PubMed, and Google scholar to find full-text English articles published until the end of 2021. The articles were analyzed based on the objectives of the study, the factors used in decision-making for allocation, the algorithms used in the decision-making process, and their outcome evaluations.

Results: Two categories of medical (including the quality of the donated kidney) and equity/fairness factors were used in most allocation algorithms. However, the number of factors, the method, and the order of their application were different in different studies. Studies have reported different challenges but a positive impact using decision support systems.

Conclusion: One of the main challenges in the proper management of kidney transplants from brain-dead donors is to have local, agreed-upon protocols and algorithms regarding the methods, order, and weight of each of the medical and equity factors in the proposed protocol. Algorithms based on scoring have mostly been favored. Therefore, the probability of using a decision support system on this base seems to be higher.

Keywords: kidney transplant, kidney allocation system, cadaver donor, clinical decision support system, scoring system, donor-recipient matching system, review study

• **Citation:** Moniri M, Niazkhani Z, Makhdoomi K, Rashidi Khazaee P, Pirnejad H. Clinical decision supports for brain-dead kidney allocation: a review study of requirements, challenges, and solutions. Journal of Health and Biomedical Informatics 2022; 9(3): 158-79. doi: 10.34172/jhbmi.2022.06. [In Persian]

1. MSc Student of Medical Informatics, Department of Health Information Technology, Urmia University of Medical Sciences, Urmia, Iran
2. PhD in Medical Informatics, Associate Professor, Nephrology and Kidney Transplant Research Center, Urmia University of Medical Sciences, Urmia, Iran
3. Subspecialist in Nephrology, Associate Professor, Nephrology and Kidney Transplant Research Center, Urmia University of Medical Sciences, Urmia, Iran
4. PhD in Information Technology, Assistant Professor, Faculty of Information Technology and Computer Engineering, Urmia University of Technology, Urmia, Iran
5. PhD in Medical Informatics, Associate Professor, Patient Safety Research Center, Clinical Research Institute, Urmia University of Medical Sciences, Urmia, Iran

***Corresponding Author:** Habibollah Pirnejad
Address: Patient Safety Research Center, Clinical Research Institute, Urmia University of Medical Sciences, Urmia, Iran
• **Tel:** 04433469931-4 • **Email:** pirnejad.h@umsu.ac.ir

[Downloaded from jhbmi.com on 2026-11-17]

[DOI: 10.34172/jhbmi.2022.06]

مقاله مروری

مجله انفورماتیک سلامت و زیست پزشکی
مرکز تحقیقات انفورماتیک پزشکی
دوره نهم شماره سوم. ص ۱۷۹-۱۵۸، ۱۴۰۱
10.34172/jhbmi.2022.06

سیستم‌های تصمیم‌یار در تخصیص کلیه پیوندی از دهنده مرگ مغزی: مطالعه مروری ملزومات، چالش‌ها و راه‌کارهای پیشرو

مرضیه منیری[۱]، زهرا نیازخانی [۲]، خدیجه مخدومی[۳]، پرویز رشیدی خزاعی[۴]، حبیب‌الله پیرنژاد [۵]*

• دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۶/۸ • پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۹/۸

مقدمه: با تغییر اپیدمیولوژی بیماری‌ها، نارسایی مزمن کلیوی در جهان رشد قابل توجهی را نشان می‌دهد. پیوند کلیه به عنوان یک درمان انتخابی برای بهبود کیفیت زندگی این بیماران می‌باشد. چالش اساسی در زمینه بهره‌مندی بهینه از کلیه بیماران مرگ‌مغزی، انتخاب گیرنده مناسب در فرصت بسیار محدود می‌باشد. هدف از این مطالعه، مرور ملزومات طراحی و پیاده‌سازی و ارزیابی سیستم‌های تصمیم‌یار بالینی برای تخصیص کلیه پیوندی از دهنده مرگ مغزی و چالش‌های پیش‌رو بود.

روش: این مطالعه مروری حیطه ای با جستجو در پایگاه‌های اطلاعاتی PubMed، Scopus و Google Scholar برای مقالات تمام متن به زبان انگلیسی تا انتهای ۲۰۲۱ انجام شد. آنالیز مقالات بر اساس اهداف مطالعه، فاکتورها و الگوریتم‌های مورد استفاده در تصمیم‌گیری برای تطبیق اهداکننده و گیرنده، و نحوه ارزیابی الگوریتم‌ها صورت گرفت.

نتایج: دو دسته کلی از فاکتورهای پزشکی (شامل کیفیت کلیه اهدایی) و فاکتورهای عدالت در اکثر الگوریتم‌های تخصیص استفاده شده بود، درباره تعداد، نحوه و ترتیب اعمال تأثیر این فاکتورها در مطالعات مختلف تفاوت وجود داشت. با این که مطالعات چالش‌های متنوعی ذکر کرده بودند، ولی اکثریت آنها تاثیر مثبت سیستم‌های تصمیم‌یار را در مدیریت فرآیند تخصیص گزارش نموده‌اند.

نتیجه‌گیری: یکی از چالش‌های اساسی در مدیریت بهینه این فرایند، برخورداری از پروتکل‌ها و الگوریتم‌هایی بومی است که اعضای تیم‌های پیوند در مورد نحوه، ترتیب و وزن هرکدام از فاکتورهای پزشکی و عدالت در این الگوریتم‌ها اتفاق نظر داشته باشند. با توجه به اینکه در مطالعات مروری الگوریتم‌های مبتنی بر امتیازدهی، بیشترین پذیرش را داشته‌اند، به نظر می‌رسد احتمال استفاده از سیستمی تصمیم‌یار بر این اساس، بیشتر خواهد بود.

کلیدواژه‌ها: پیوند کلیه، سیستم تخصیص کلیه، اهداکننده مرگ مغزی، سیستم تصمیم یار بالینی، سیستم نمره‌دهی، سیستم تطبیق اهداکننده و گیرنده کلیه پیوندی، مطالعه مروری

• **ارجاع:** منیری مرضیه، نیازخانی زهرا، مخدومی خدیجه، رشیدی خزاعی پرویز، پیرنژاد حبیب‌الله. سیستم‌های تصمیم‌یار در تخصیص کلیه پیوندی از دهنده مرگ مغزی: مطالعه مروری ملزومات، چالش‌ها و راه‌کارهای پیشرو. مجله انفورماتیک سلامت و زیست پزشکی ۱۴۰۱؛ ۹(۳): ۷۹-۱۵۸. doi:10.34172/jhbmi.2022.06

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد انفورماتیک پزشکی، گروه فناوری اطلاعات سلامت، دانشگاه علوم پزشکی ارومیه، ارومیه، ایران
۲. دکتری تخصصی انفورماتیک پزشکی، دانشیار، مرکز تحقیقات نفرولوژی و پیوند کلیه، پژوهشکده تحقیقات بالینی، دانشگاه علوم پزشکی ارومیه، ارومیه، ایران
۳. فوق تخصص نفرولوژی، دانشیار، مرکز تحقیقات نفرولوژی و پیوند کلیه، پژوهشکده تحقیقات بالینی، دانشگاه علوم پزشکی ارومیه، ارومیه، ایران
۴. دکتری تخصصی فناوری اطلاعات، استادیار، گروه مهندسی فناوری اطلاعات و کامپیوتر، دانشگاه صنعتی ارومیه، ارومیه، ایران
۵. دکتری تخصصی انفورماتیک پزشکی، دانشیار، مرکز تحقیقات ایمنی بیمار، پژوهشکده تحقیقات بالینی، دانشگاه علوم پزشکی ارومیه، ارومیه، ایران
* **نویسنده مسئول:** حبیب الله پیرنژاد
آدرس: ارومیه، دانشگاه علوم پزشکی ارومیه پژوهشکده تحقیقات بالینی، مرکز تحقیقات ایمنی بیمار
• **شماره تماس:** ۰۴۴۳۳۴۶۹۹۳۱-۴ • **Email:** pirnejad.h@umsu.ac.ir

[Downloaded from jhbmi.com on 2026-11-17]
[DOI: 10.34172/jhbmi.2022.06]

مقدمه

در سال‌های اخیر و با تغییر اپیدمیولوژی بیماری‌ها، ابتلا به نارسایی مزمن کلیوی (Chronic Kidney Disease) CKD و به‌دنبال آن مرحله نهایی بیماری کلیوی (End Stage Renal Disease)ESRD در جهان رشد قابل توجهی را نشان می‌دهد. بسیاری از این بیماران پیوند کلیه را به عنوان یک درمان در جهت جلوگیری از افت کیفیت زندگی ناشی از این بیماری انتخاب می‌کنند. هر چند پیوند از اهداکننده زنده با مزایایی چون افزایش بقای کلیه پیوندی همراه می‌باشد، اما خود معایبی نیز دارد مانند خطراتی برای خود اهداکنندگان زنده و ابتلای آن‌ها به CKD در سال‌های آتی عمرشان. همچنین عدم در دسترس بودن اهداکننده زنده برای تعداد روزافزون بیماران به دلیل محدودیت عرضه آن از دیگر محدودیت‌های آن می‌باشد. در چنین شرایطی، به یمن پیشرفت‌های روزافزون علمی برای پاسخ به نیاز خیل عظیمی از بیماران در لیست انتظار پیوند کلیه، کلیه‌های یک بیمار مرگ‌مغزی به عنوان یک منبع بسیار ارزشمند، ولی محدود می‌باشد. مدیریت بهینه این منبع با ارزش نیازمند سازماندهی حجم عظیمی از اطلاعات و مدیریت فراهم‌آوری و تخصیص کلیه مرگ‌مغزی به بهترین کاندیدها می‌باشد. چالش اصلی در این زمینه، انتخاب بهترین گیرندگان بر اساس معیارهای بالینی در عین حال رعایت اصل عدالت در فرصتی بسیار محدود می‌باشد. از این‌رو بسیاری از کشورها برای غلبه بر چالش مذکور اقدام به توسعه سیستم‌هایی تحت عنوان سیستم‌های تخصیص کلیه پیوندی (Kidney Allocation System) در جهت مدیریت حداکثری و سازماندهی تخصیص بهینه این منبع ارزشمند نموده‌اند [۳-۱].

یکی از حساس‌ترین و پیچیده‌ترین موضوعات در پیوند کلیه از مرگ‌مغزی یافتن مناسب‌ترین فرد برای پیوند کلیه در فرصت محدود پس از اعلام مرگ‌مغزی می‌باشد [۶-۴]. در چنین پروسه‌های پیچیده، ابهام و احتمال خطای انسانی در تصمیم‌گیری‌های بالینی و قضاوتی بر کسی پوشیده نیست [۷]؛ بنابراین ارائه راه‌حل‌هایی همچون توسعه سیستم‌هایی که بتواند اطلاعات ضروری برای تصمیم‌گیری از بیماران کاندید پیوند را در اختیار داشته و با اطلاعات بیمار مرگ‌مغزی مقایسه نموده و بهترین کاندیدها را براساس قوانین موجود انتخاب و در اختیار گروه پیوند قرار دهد بسیارکمک‌کننده خواهد بود [۸،۹]. مطالعات نشان داده‌اند که سیستم‌های فناوری اطلاعات سلامت، به‌طور ویژه سیستم‌های تصمیم‌یار بالینی می‌توانند به تسهیل فرآیند تصمیم‌گیری توسط پزشکان و بهبود عملکرد آن‌ها کمک کنند [۱۲-۱۰]. برای‌مثال، مطالعاتی در سال‌های ۲۰۰۲ و ۲۰۰۵ به ترتیب در کانادا و ترکیه با بهره‌گیری از منطق فازی اقدام به توسعه سیستم تصمیم‌یار بالینی برای تخصیص کلیه از بیمار مرگ مغزی و ارزیابی این سیستم‌ها نمودند [۹،۱۳]. هر دو مطالعه تصریح کردند که استفاده از این سیستم‌ها در شبیه‌سازی تفکر پزشکان و تسهیل فرآیند تخصیص بسیار مؤثر بوده است. استفاده از چنین سیستم‌هایی در مراحل پیش از پیوند عضو که نیازمند تصمیم‌گیری جامع و به موقع گروه پیوند می‌باشد توانسته در تخصیص بهتر عضو، نتایج بهتر جراحی پیوند عضو و در نتیجه سازماندهی بهتر مؤثر باشد [۱۴]. با توجه به وجود مراکز پیوند با شرایط مشابه و توسعه فرهنگ اهدای عضوء در ایران، جای خالی چنین سیستم‌هایی بسیار محسوس می‌باشد؛ بنابراین هدف از این مطالعه مروری، مرور ملزومات طراحی، پیاده‌سازی و ارزیابی سیستم‌های تصمیم‌یار بالینی برای تخصیص کلیه مرگ مغزی و چالش‌های پیشروی آن‌ها در مطالعات جهانی است تا با تکیه بر این دانش بتوان در راستای طراحی چنین سیستم‌هایی در ایران اقدام نموده و حمایت شایسته‌ای را از گروه‌های مدیریت اهدای مرگ‌مغزی در خصوص انتخاب مناسب‌ترین کاندید پیوند به عمل آورد.

روش

یک مطالعه مروری دامنه‌ای (حیطه‌ای) (review Scoping) با جستجو در پایگاه‌های اطلاعاتی Scopus، PubMed و Google scholar برای یافتن مقالات به زبان انگلیسی چاپ شده به صورت تمام متن تا دسامبر ۲۰۲۱ انجام شد. استراتژی جستجو با ترکیب‌های مختلف از کلمات کلیدی مشتمل بر سه دسته موضوع اصلی شامل پیوند کلیه، سیستم‌های تصمیم‌یار تخصیص کلیه، و اهداکننده مرگ‌مغزی صورت گرفت. به طورکلی این استراتژی به صورت زیر بود:

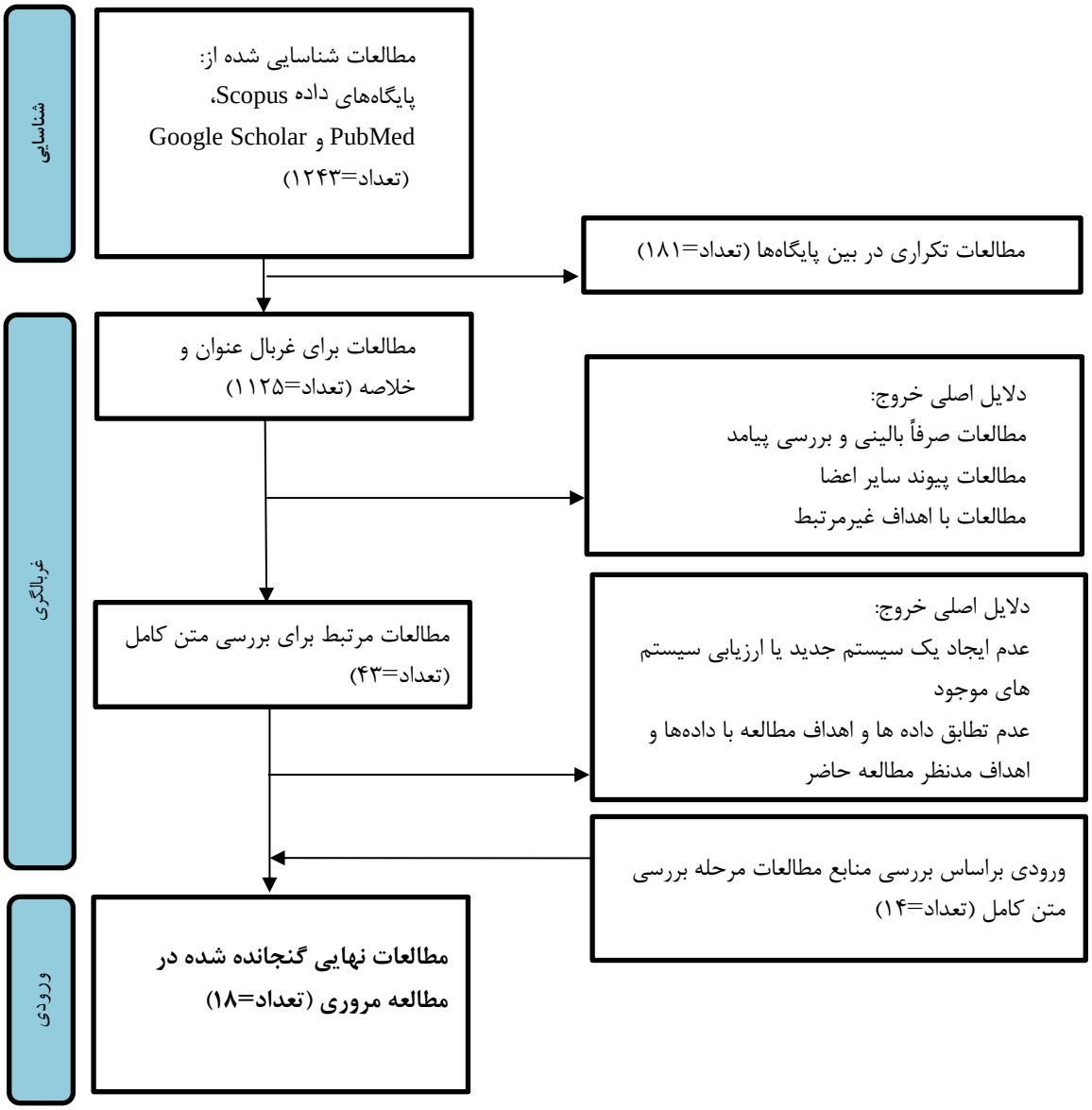
"((Renal transplant OR kidney transplant) AND (matching system OR decision support system OR scoring system OR allocation system) AND (cadaver donor OR deceased donor OR brain-dead donor))"

معیارهای ورود در این مطالعه عبارت بودند از: ۱) مطالعات سیستم‌های تخصیص کلیه پیوندی و ۲) مطالعات سیستم‌های ارزیابی کیفیت کلیه دریافتی از بیمار مرگ مغزی. معیارهای خروج نیز مشتمل بود بر: مقالات خلاصه کنگره‌ها، مقالات به

[Downloaded from jhbmi.com on 2026-11-17]
[DOI: 10.34172/jhbmi.2022.06]

زبان‌های غیرانگلیسی، مقالات بدون ذکر محتوا، ساختار و یا ویژگی‌های ساختاری و معماری سیستم‌های تخصیص کلیه مرگ‌مغزی، انواع مقالات دیدگاه، نامه به سردبیر، یا سرمقاله.

نمودار ۱ فرآیند شناسایی و بررسی رکوردهای شناسایی شده را در طی مراحل این مطالعه نشان می‌دهد. در ابتدا عناوین و چکیده مقالات مرور شد و در صورت مرتبط بودن، متن کامل مقاله دریافت و مطالعه گردید. سپس، در صورت ورودی بودن در این مرحله، اطلاعات مرتبط با اهداف مطالعه مروری حاضر شامل نویسندگان و سال انتشار، اهداف مطالعه، کشور و مرکز انجام مطالعه، ساختار سیستم‌های تخصیص کلیه مرگ مغزی (از جمله پروتکل‌ها یا الگوریتم‌های مورد استفاده و فاکتورهای تاثیرگذار انتخابی در فرآیند امتیازدهی و اولویت‌بندی گیرندگان در تخصیص) و نتایج ارزیابی این سیستم‌ها، در صورت انجام، استخراج گردید. هیچ محدودیتی از بابت انتخاب مطالعات کمی و یا کیفی اعمال نگردید.



نمودار ۱: فلوچارت شناسایی مطالعات از طریق پایگاه‌های اطلاعاتی

نتایج

از مجموع ۱۲۴۳ مطالعه یافت شده، تعداد ۶۱۶ مطالعه به دلایلی همچون تکراری بودن، زبان، مقالات کنفرانسی در کتابچه‌های کنگره‌ها و گزارش‌های رجیستری و عدم تطابق موضوع (مثل پیوندهای کبدی، پانکراس و قلب) از مطالعه خارج شدند. مطالعات باقیمانده از نظر عنوان و خلاصه مطالعات مورد غربالگری قرار گرفتند و مطالعات مرتبط در دسته بررسی متن کامل وارد شدند. برای یافتن مطالعات مرتبط دیگر، منابع

[Downloaded from jhbmi.com on 2026-11-17]
[DOI: 10.34172/jhbmi.2022.06]

تمامی این دسته نیز مورد بازبینی قرار گرفت.

در این قسمت، نتایج مرور مقالات به صورت ذکر نمونه‌های تصمیم‌یار تخصیص کلیه مرگ مغزی موجود در جهان و همین‌طور اصول انتخاب فاکتورهای مورد استفاده در الگوریتم‌های سیستم‌های تصمیم‌یار و نوع آن‌ها تنظیم گردیده است.

نمونه سیستم‌های تخصیص کلیه پیوندی مرگ‌مغزی موجود در جهان

سیستم‌های تصمیم‌یار تخصیص کلیه مرگ‌مغزی شناسایی شده در مقالات، مابین سال‌های ۱۹۷۶ الی ۲۰۱۸ طراحی شده بودند. این سیستم‌ها بیشتر از کشورهای آمریکای شمالی (ایالات متحده آمریکا و کانادا) و کشورهای اروپایی (همکاری چندکشوری اروپایی و ایتالیا) گزارش شده‌اند. خارج از این مناطق، الگوریتم‌هایی در کره، چین، ترکیه و ایران پیشنهاد شده بود. جدول ۱ جزییات بیشتری از ویژگی‌ها و یافته‌های مطالعات مرتبط با سیستم‌های تخصیص کلیه پیوندی از مرگ‌مغزی را نشان می‌دهد.

اصول انتخاب فاکتورهای مؤثر گیرنده و اهداکننده پیوند برای استفاده در الگوریتم‌های تصمیم‌یار بالینی تخصیص کلیه مرگ‌مغزی

در مرور متون شناسایی شده، اکثریت الگوریتم‌های تخصیص کلیه بر تعادل بین دو اصل سودمندی (Utility) از لحاظ پزشکی و عدالت استوار بود که در آن‌ها به جای توجه صرف به نوبت‌های لیست انتظار، متغیرهای مختلف دیگری نیز در انتخاب بهترین کاندید برای دریافت پیوند (با بیشترین شانس موفقیت پیوند) مد نظر قرار گرفته بود؛ اما سیستم‌های محدودی هم بودند که فقط با فاکتورهای متمرکز بر اصل سودمندی پزشکی، اعضای گروه پیوند را در مورد تصمیم‌گیری در انتخاب بهترین گیرندگان حمایت می‌کردند (جدول ۱). از آنجایی که هیچ‌گونه توافقی مبنی بر تعادل ایده‌آل میان سودمندی و عدالت مطرح نبود، بنابراین فرمول ثابتی نیز برای آن دو در مطالعات یافت نشد.

در مطالعات، خط‌مشی تخصیص عضو، شامل ترکیبی از عوامل اخلاقی، علمی، پزشکی، قانونی و سیاسی بود؛ چراکه گروه‌های پزشکی پیوند، ناگزیر به تصمیم‌گیری در مورد نحوه تخصیص این منابع کمیاب و قضاوت‌های ارزشی میان بیماران متقاضی عضو در لیست انتظار می‌باشند. دراین‌بین، شناسایی و جداسازی کامل ملاحظات اخلاقی از عوامل دیگر دشوار و حتی گاهی غیرممکن می‌باشد؛ بنابراین در تعیین اولویت تخصیص عضو، اصول متفاوتی از عدالت توزیع نیز مطرح بود. اصل برابری‌گرایی (Egalitarianism) یا برخورد برابر با مردم، به معنای ارائه فرصت‌های برابر به جای ارائه مقادیر مساوی از خدمات تقسیم‌ناپذیری مانند پیوند عضو می‌باشد. اصل کاربرد گرایی (Utilitarianism) یا به حداکثر رساندن منافع، از اولویت‌ها با بیشترین منفعت حمایت می‌کند و رفاه کل جامعه را افزایش می‌دهد. براساس فایده‌گرایی فقط پیامدهای تصمیم مهم است. به عنوان مثال، در تخصیص عضو افرادی با پیش‌آگهی بهتر از نتیجه پیوند باید از اولویت بالاتری برخوردار باشند. اصل حمایت از بدترین‌ها (Favoring the worst-of) (شدت بیماری یا آسیب‌های اجتماعی)، از توزیع پیوند میان بدترین بیماران یعنی بیمارانی که بیشترین فوریت را براساس شدت بیماریشان دارند یا گروه‌های به حاشیه رانده‌شده اجتماعی حمایت می‌کند. اصل تقصیرخود (Own fault) یا تحقیر و مجازات بی‌مسئولیتی، بیانگر این است که افرادی که نیاز پزشکی خود را با رفتارهای سبک زندگی ناسالم و یا آسیب‌رسان به خود ایجاد نکرده‌اند باید در اولویت قرار گیرند. اصل ارزش برای جامعه (Value for society)، که به موجب آن کسانی که به جامعه منفعتی بخشیده‌اند (مثلاً با داوطلب شدن یا مراقبت از افراد تحت تکفل) باید اولویت بالاتری داشته باشند. به عنوان مثال، در تخصیص عضو افرادی که قبلاً خود اهداکننده عضو بوده‌اند اولویت بالاتری دارند. از جمله مؤلفه‌های دیگر مدنظر، تطبیق زمان بقاء (Longevity matching) بود. تطبیق زمان بقاء یعنی استفاده از کلیه‌هایی از اهداکنندگان مسن، که معمولاً متقاضی چندانی ندارند، برای افرادی که امیدبه‌زندگی آن‌ها پس از پیوند از سایرین کم‌تر تخمین زده می‌شود و بالعکس استفاده از کلیه‌های جوان‌تر برای افراد جوان. محققان معتقد بودند که این امر از یکسو منجر به افزایش تعداد پیوندها می‌شود، چرا که از کلیه‌هایی موسوم به شاخص پروفایل اهداکننده کلیه (Profile Index Kidney Donor) KDPI بالا نیز استفاده می‌شود و از سویی دیگر احتمال بازگشت افراد جوان به لیست‌های انتظار برای پیوند مجدد را کاهش می‌دهد. عامل دیگر، در نظر گرفتن بیماران با حساسیت بالای سیستم ایمنی (Highly sensitized patient) و گروه‌های خونی با فراوانی کم بود؛ چرا که این افراد معمولاً چند برابر بیشتر از سایرین برای دریافت عضو منتظر می‌مانند. همچنین یافتن مناسب‌ترین فرد برای دریافت کلیه در کوتاه‌ترین زمان ممکن در منطقه جغرافیایی مورد نظر

[Downloaded from jhbmi.com on 2026-11-17]
[DOI: 10.34172/jhbmi.2022.06]

و به‌دنبال آن کاهش زمان ایسکمی سرد (Cold ischemic time)، با هدف بهبود نتایج پیوند از دیگر اصول مدنظر بود. علاوه بر این‌ها، سازگاری آنتی‌ژن لکوسیت انسانی (Human Leukocyte Antigen) HLA، سازگاری گروه‌خونی، سن گیرنده، تفاوت سن بین اهداکننده و گیرنده، زمان انتظار یا طول دوره دیالیز، فوریت و شرایط خاص جغرافیا (موقعیت مرکز پیوند، فاصله از مراکز درمانی)، ارتباطات متقابل بین مراکز و سایر معیارها از جمله معیارهای تخصیص کلیه پیوندی بودند که مدنظر سیستم‌ها قرار گرفته بود، ولی موضوعی که در مطالعات مشهود بود اجماع عمومی متخصصان و دست‌اندرکاران بر روی نوع و وزن هر کدام از این اصول بود.

در آنالیز مقالات شناسایی شده، مقالات محدودی به جزئیات فاکتورهای تأثیرگذار انتخابی در تطبیق گیرنده و دهنده مرگ مغزی در فرآیند تخصیص کلیه مرگ‌مغزی پرداخته بودند (جدول ۲). این فاکتورها در مجموع در نوزده دسته از جمله فاکتورهای بالینی (مانند سازگاری HLA یا گروه‌خونی و کیفیت کلیه اهدایی (مانند علت مرگ اهداکننده و سابقه بیماری پرفشاری خون و دیابت اهداکننده)) و فاکتورهای عدالت (مانند مدت زمان انتظار و سابقه اهدای قبلی متقاضی کلیه به عنوان اهداکننده زنده) قابل تقسیم بودند. سازگاری‌های خونی، HLA، PRA، سن و مدت زمان انتظار برای پیوند جزء پر تکرارترین فاکتورهای مورد استفاده در الگوریتم‌های سیستم‌های تصمیم‌یار تخصیص کلیه پیوندی مرگ‌مغزی بودند. جدول ۲ مهم‌ترین فاکتورهای مورد استفاده در مطالعات مرتبط را به تفصیل نشان می‌دهد.

[Downloaded from jhbmi.com on 2026-11-17]

[DOI: 10.34172/jhbmi.2022.06]

جدول ۱: ویژگی‌ها و یافته‌های مطالعات مرتبط با سیستم‌های تخصیص کلیه پیوندی از مرگ‌مغزی

نویسندگان/سال	هدف مطالعه	کشور/مرکز پیوند	پروتکل و یا الگوریتم مورد استفاده در پیوند	فاکتورهای امتیازدهی و اولویت بندی	اصول مدنظر در الگوریتم‌های مورد استفاده	نتایج/ارزیابی
Stewart و همکاران (۲۰۱۷) و Sethi و همکاران (۲۰۱۹) [۱،۱۵].	توصیف عملکرد سیستم تخصیص کلیه در محورهای عدالت، استفاده بهینه از کلیه، بقای پیوند	آمریکا	الگوریتم و سیستم امتیازدهی (United Network for Organ Sharing) UNOS متعلق به شبکه یکپارچه به اشتراک‌گذاری عضو در آمریکا می‌باشد که خود بخشی از (Organ Procurement and Transplantation Network) OPTN (رجیستری ملی برای تطبیق عضو پیوندی) بوده و وظیفه تهیه، توزیع و سازماندهی الگوریتم‌های تخصیص عضو اهدایی را بر عهده دارد. این سیستم به‌طورکلی با نام KAS(System Kidney Allocation) نیز شناخته می‌شود.	زمان انتظار، سازگاری HLA، سازگاری PRA، اورژانسی بودن از لحاظ پزشکی، سن، سابقه اهدای‌کلیه به عنوان اهداکننده زنده	اصول سودمندی و عدالت (مخصوصاً برای بیماران با حساسیت بالای سیستم ایمنی (Highly sensitized patient) و اقلیت‌های نژادی) سیستم امتیازدهی	---
Gundogar و همکاران [۹] (۲۰۰۵)	شناسایی معیارهای تخصیص کلیه از مرگ مغزی (Cadaver)، توسعه یک مدل تخصیص کلیه پیوندی با استفاده از منطق فازی (Fuzzy Organ Allocation System) FORAS آزمایش مدل در محیط واقعی و همچنین مقایسه مدل پیشنهادی با سیستم امتیازدهی (United Network for Organ Sharing) UNOS آمریکا و الگوریتم (Turkish National Coordination for Organ Transplant) TONKS	مرکز پیوند دانشگاهی دوکوز ایلول (Dokuz Eylul University Transplantation Center) در ازمیر – ترکیه	سیستم (Fuzzy Organ Allocation System) FORAS که با شناسایی عوامل مؤثر در پیوند کلیه براساس بازبینی مقالات و مصاحبه با ۳ پزشک متخصص محلی دراین زمینه طراحی گردید.	گروه‌خونی و crossmatching و سازگاری آنتی‌ژن‌ها، نمره PRA، سن گیرنده، مدت زمان انتظار و مکان جغرافیایی	تلاش برای برقراری تعادل میان عدالت و کارایی برای رسیدن به بقای حداکثری عضو پیوندی بود. مدل دارای دوفاز مجزا بوده و شامل بررسی گروه‌خونی و crossmatching در فاز نخست و سازگاری آنتی‌ژن‌ها، نمره PRA، سن گیرنده، مدت زمان انتظار و مکان جغرافیایی در فاز دوم بود. تطبیق در فاز اول و سیستم فازی در فاز دوم (شامل سه مجموعه قوانین که برای محاسبه سه نمره شامل نمره کارایی پزشکی (Efficiency)، نمره عدالت (Equity) و در نهایت نمره کل به کار گرفته می‌شد).	نتایج ارزیابی نشان داد که FORAS نحوه تفکر گروه متخصص را به خوبی پیاده‌سازی می‌کند (۸۷٪ همپوشانی با پزشکان در انتخاب اول و ۹۴٪ همپوشانی در انتخاب بالای ۶۶٪). این مدل به مدل UNOS ایالت متحده آمریکا شباهت بیشتری داشت.

[Downloaded from jhbmi.com on 2026-11-17]

[DOI: 10.34172/jhbmi.2022.06]

Yuan و همکاران (۲۰۰۱) [۲۶]	توسعه یک سیستم شبیه‌سازی کامپیوتری و مقایسه آینده نگر تأثیرات آشکار دخالت دادن معیار های مختلف عدالت و بالینی در فرآیند تخصیص کلیه از مرگ‌مغزی	کانادا	مدل طراحی شده قادر به ارائه اطلاعاتی در مورد تعداد بیماران در لیست انتظار پیوند، تعداد کلیه‌های موجود، تعداد پیوندهای انجام شده و تعداد کلیه‌های استفاده نشده در هر زمان بود. به علاوه، این مدل نمره تطبیق HLA میان کلیه اهدائی و دریافت‌کننده، زمانی که فرد دریافت‌کننده منتظر بوده تا پیوند دریافت کند و همچنین زمان انتظار آن‌هایی که هنوز در لیست انتظار کلیه هستند را در مورد هر عمل پیوند نشان می‌داد.	---	تلاش برای بررسی تأثیر معیارهای سودمندی بالینی و عدالت نمره‌دهی	در ارزیابی سیستم، در مجموع ۵ الگوریتم مختلف مورد بررسی قرار گرفتند؛ مانند الگوریتمی با تنها یک معیار پزشکی (نمره مطابقت HLA) ، الگوریتمی تنها با یک معیار عدالت (مدت زمان انتظار برای پیوند)، تا الگوریتم‌هایی که استراتژی‌های متفاوتی را برای برقراری تعادل میان هردو مقوله‌ی سودمندی پزشکی و عدالت در نظر گرفته بودند. ارزیابی مدل با داده‌های یک دوره ۱۰ ساله انجام شد. نتایج نشان داد الگوریتمی که بیماران را صرفاً با توجه به مدت زمان انتظارشان انتخاب می‌کرد به دلیل متوسط بسیار پایین نمره سازگاری HLA میان گیرنده و دهنده کلیه غیر قابل قبول بود. علاوه بر این مشخص شد تعداد کلیه‌های موجود یک عامل تعیین کننده در دستیابی به مطابقت بهینه از دیدگاه پزشکی بود. در پایان مطالعه نویسندگان خاطر نشان کردند که انتخاب الگوریتم مناسب به منظور تخصیص کلیه پیوندی مستلزم یک قضاوت ارزشی میان سودمندی پزشکی و عدالت می‌باشد به این معنی که چقدر باید از سودمندی کاسته شود تا به سطح قابل قبولی از عدالت دست یافت و یا برعکس.
Cardillo و همکاران (۲۰۰۰) [۸]	توصیف سیاستگذاری‌ها، اقدامات و الگوریتم‌ها در شبکه فراهم‌آوری پیوند و ارزیابی برخی از این الگوریتم‌ها	۱۲ مرکز پیوند همکار در شمال ایتالیا	(North Italy Transplant Program) NITP برای تخصیص کلیه‌های دریافتی از بیمار مرگ مغزی و در اکتبر ۱۹۹۷ معرفی شد. NITP مبتنی بر شواهد است و برای تخصیص عادلانه و شفاف اندام‌ها و همچنین بهبود تطابق HLA طراحی شده است و اولویت دسترسی به پیوند را به گیرندگان حساس می‌دهد.	این سیستم، دریافت‌کنندگان بالقوه را براساس گروه‌خونی، میزان PRA و میزان سازگاری HLA در چهار سطح مختلف طبقه بندی می‌کند. در هر سطح نیز، بیماران براساس زمان انتظار رتبه‌بندی می‌شوند.	معیارهای سودمندی و عدالت سیستم امتیازدهی	در ۳ سال اول پس از اجرای NITP، درصد بیماران حساسی که تحت پیوند قرار گرفتند از ۲/۲ درصد به ۵/۱ درصد افزایش یافت و در سال‌های ۱۹۹۷–۲۰۰۸، این درصد به ۷/۷ درصد رسید. در همین بازه زمانی، به تعداد ۶۹۴۳ بیمار، کلیه از اهداکنندگان مرگ‌مغزی با استفاده از این سیستم، پیوند زده شد. این عدد معادل ۱۰۰ درصد از پیوند کلیه انجام شده در همان دوره است.

[Downloaded from jhbmi.com on 2026-11-17]
[DOI: 10.34172/jhbmi.2022.06]

Mayer و Persijn (۲۰۰۵) [۱۶]	توصیف اهداف سیستم‌های تخصیص کلیه	مشارکت کشورهای اروپایی- اروپا	دو سیستم تخصیص که تحت نظر Euro transplant (رجیستری پیوند کلیه با هدف اولیه بهینه سازی تطابق HLA) تحت نام‌های ETKAS و GTA فعالیت می‌کنند. ETKAS با مشارکت ۶ کشور اتریش، بلژیک، آلمان، لوکزامبورگ، هلند و اسلوونی که در سال ۱۹۹۶ پایه گذاری شده و جمعیتی نزدیک به ۱۸ میلیون نفر را تحت پوشش قرار می‌دهد. قوانین تخصیص مورد استفاده در آن براساس اجماع کشورهای شرکت‌کننده می‌باشد در کشور آلمان هم اهدای عضو و تخصیص پیوند به‌طور قانونی توسط قانون پیوند آلمان(GTA) که در سال ۱۹۹۷ تنظیم شد و در سال‌های ۲۰۱۲ و ۲۰۱۳ مورد بازنگری قرار گرفت، انجام می‌شود. در این قانون، اهدای عضو به عنوان یک وظیفه مشترک مشخص شده‌است و مسئولیت‌های مختلفی را به چندین سازمان واگذار می‌کند. بیمارستان‌های دارای بخش مراقبت‌های ویژه از نظر قانونی مؤظفند اهداکنندگان عضو را به یک سازمان مرکزی تدارکات به نام بنیاد پیوند عضو آلمان گزارش دهند، که کل فرآیند اهدای عضو را هماهنگ می‌کند. این تخصیص منوط به بنیاد بین‌المللی ET است که اعضای بدن را مطابق با دستورالعمل‌های شورای پزشکی فدرال، اختصاص می‌دهد. مراکز پیوند، مسئولیت تهیه لیست‌های انتظار، پیوند اعضا و مراقبت‌های بعدی را برعهده دارند	---	بیشتر معیارهای پزشکی مدنظر می‌باشد. اهداف اصلی، کوتاه کردن میانگین و حداکثر زمان انتظار، تنظیم فنوتیپ‌های نادر HLA، دستیابی به نرخ تبادل متعادل و معقول کلیه در بین کشورها و تضمین توزیع قابل قبول مطابقت HLA می‌باشد.	---

[Downloaded from jhbmi.com on 2026-11-17]
[DOI: 10.34172/jhbmi.2022.06]

Starzl و همکاران (۱۹۸۷) [۲]	توسعه نخستین سیستم کامپیوتری چند متغیره به منظور تخصیص کلیه پیوندی از مرگ‌مغزی، بیان مؤلفه‌های اساسی سیستم کامپیوتری، نحوه عملکرد سیستم در دوره آزمایشی و راه‌های تغییر این سیستم برای استفاده در گیرندگان کبد و قلب	مرکز پیوند دانشگاه پیتزبورگ (Pittsburgh)		در هر گروه توجه ویژه به گیرندگان ۱۰ ساله یا کمتر، گیرندگان با وزن ۲۷ کیلوگرم یا کمتر و یا افراد حائز هر دو شرط شده و این گیرندگان به صورت جداگانه فهرست شده بودند. در صورت در دسترس بودن یک کلیه، سرم خونی کاندیدهای مناسب از نظر گروه‌خونی و اندازه کلیه، از لحاظ وجود لنفوسیت‌های کلیه اهدایی بررسی می‌شد. crossmatch منفی یک شرط ضروری برای قرار گیری در لیست دریافت‌کنندگان بالقوه بود. سپس پنج متغیر مدت زمان انتظار، سازگاری آنتی‌ژن‌های لکوسیت‌های انسانی HLA (Human Leukocyte Antigens)، نمره پانل PRA (Panel Reactive Antibodies)، فوریت پزشکی و عوامل لجستیک مد نظر قرار می‌گرفت	هر یک از افراد موجود در لیست براساس پنج متغیر زیر نمراتی را دریافت می‌کردند و در پایان کاندیدی با بیشترین نمره توسط سیستم برای پیوند پیشنهاد داده می‌شد. در این سیستم کاندید ها با توجه به گروه خونی شان ابتدا به چهار گروه A، B، AB و O تقسیم می‌شدند. سپس نمرات زیر محاسبه می‌شد. ۱)مدت زمان انتظار: کاندید ها در گروه‌خونی مد نظر و همچنین زیر گروه کودکان به ترتیب مدت زمان انتظار لیست می‌شدند. کاندیدی با بیشترین زمان انتظار ۱۰ نمره می‌گرفت و سایرین به ترتیب و به نسبت جایگاهشان در لیست، نمرات کمتری دریافت می‌کردند. ۲) سازگاری آنتی‌ژن‌ها: هر چه تعداد آنتی‌ژن‌های ناسازگار کمتر بود، نمره کسب شده بیشتر می‌شد. قابل توجه است که اگر کاندیدی با ۶ آنتی‌ژن سازگار وجود داشت کلیه به آن شخص پیشنهاد می‌شد. البته این شرایط بسیار نادر بوده و در طول ۱۲ ماه استفاده از سیستم تنها ۲ مورد وجود داشت. ۳) نمره PRA: به ازای هر ۱۰٪ یک نمره به شخص اختصاص می‌یافت. ۴) فوریت پزشکی: حداکثر ۵ نمره بود و به افرادی تعلق می‌گرفت که به مراکز دیالیز دسترسی نداشتند. ۵) عوامل لجستیک: حداکثر ۶ نمره بود. نمره عوامل لجستیک تنها در صورتی محاسبه می‌شد که بیش از ۲۴ ساعت از نفرکتومی گذشته باشد.	در طول ۱۲ ماه استفاده از سیستم فوق الذکر در مرکز پیوند دانشگاه پیتزبورگ مجموعا ۲۴۷ کلیه به افرادی با بیشترین امتیاز پیوند زده شد. در پایان نویسندگان با بیان این نکته که استفاده از این سیستم می‌تواند در تخصیص کلیه پیوندی مفید واقع شود بیان کردند که این سیستم همچنین می‌تواند با تغییراتی اندک برای تخصیص سایر ارگان‌های پیوندی نظیر کبد و قلب نیز مورد استفاده قرار گیرد.

[DOI: 10.34172/jhbmi.2022.06] [Downloaded from jhbmi.com on 2026-11-17]

Yuan و همکاران (۲۰۰۲) [۱۳]	طراحی، توسعه و ارزیابی یک سیستم فازی به عنوان روشی ابتکاری برای مقابله با ابهام و پیچیدگی‌هایی که پزشکان در تصمیم‌گیری در زمینه تخصیص کلیه با آن مواجه هستند	کانادا	برای ساختن یک سیستم فازی به مهندسی دانش زیادی نیاز بود؛ بنابراین از تجربه‌ها و مشاوره یک پزشک متخصص و با تجربه در زمینه پیوند کلیه برای فرایند مهندسی دانش استفاده شد. در ابتدا متغیرهای سیستم نیاز به تعریف شدن و تبدیل شدن به حالت فازی داشتند. برای هر متغیر دامنه و چندین مقدار فازی مشخص شد. پس از تعریف همه متغیرها، قوانین اولیه ایجاد شد (برای نحوه سازماندهی قوانین در پایگاه دانش به اصل این مقاله مراجعه شود).	به اعتقاد نویسندگان، چون برخی از معیارهای تخصیص کاملاً غیر فازی هستند، مانند گروه‌خونی سازگار، crossmatch منفی و در دسترس بودن بیمار. بنابراین گام نخست برای طراحی الگوریم قبل از شروع منطق فازی، حذف بیمارانی بود که با استفاده از معیارهای فوق می‌توان آن ها را کنار گذاشت. مرحله دوم، تعیین چگونگی ارتباط معیارهای تخصیص با یکدیگر بود. به همین منظور از روش تجزیه سلسله مراتبی (Hierarchical decomposition) استفاده شد.	معیارهای مد نظر تخصیص کلیه در دو گروه قرار گرفتند. اولین گروه با عنوان "معیارهای پزشکی" که در نهایت منجر به نتایج موفق تر پیوند می‌شوند، شامل سازگاری HLA و نسبت سن دریافت کننده به اهداکننده، گروه دوم با عنوان "معیارهای عدالت" که در نهایت منجر به رعایت عدالت در فرایند تخصیص می‌شدند و شامل مدت زمان انتظار، نمره پانل (PRA) و فوریت پزشکی بودند. پیاده‌سازی واقعی سیستم با منطق فازی صورت گرفت.	این الگوریتم با الگوریتم‌های MORE و UNOS مقایسه شد. ابتدا سیستم برای اطمینان از عملکرد صحیح، توسط یک نمونه کوچک (۵ کلیه) مورد آزمون قرار گرفت. از پزشک و سیستم خواسته شد گیرندگان احتمالی و اولویت آن‌ها را بیان کنند. با بررسی نتایج مشخص شد همپوشانی قابل توجهی در افراد انتخابی است؛ اما اولویت‌ها متفاوت بود. آن‌ها بیان کردند که این موضوع می‌تواند به دلیل تغییر تفکرات پزشک باشد. جداول پایگاه دانش مجددا بررسی و در صورت نیاز مجددا تنظیم شدند. برای تست اصلی سیستم داده‌ها از داده‌های دهندگان واقعی و لیست انتظار بیماران در یک مرکز پیوند اونتاریو کانادا استخراج شد. از پزشک خواسته شد که قبل و پس از دیدن گزینه‌های پیشنهادی الگوریتم فازی، MORE و UNOS، ۵ دریافت‌کننده و اولویت آن‌ها را تعیین کند. نتایج برای تجزیه و تحلیل ثبت شد. سه معیار برای بررسی در نظر گرفته شد: ۱) نرخ همپوشانی: درصد گیرندگان مشترک بین دو روش، ۲) فهرست تطبیق رتبه: همبستگی بین دو رتبه بندی، ۳) توزیع نخستین انتخاب: انتخاب نخست پزشک در لیست پیشنهادی الگوریتم مورد نظر باشد. در معیار اول و دوم در مرحله نخست انتخاب‌های پزشک به الگوریتم MORE نزدیک تر بود اما در مرحله دوم و پس از مشاهده انتخاب الگوریتم‌ها، انتخاب‌ها به الگوریتم فازی نزدیک تر بودند. در معیار " توزیع نخستین انتخاب" در هر دو مرحله تصمیم پزشک به الگوریتم فازی نزدیک تر بود.

[Downloaded from jhbmi.com on 2026-11-17]
[DOI: 10.34172/jhbmi.2022.06]

Poli و همکاران (۲۰۰۰) [۳]	طراحی و ایجاد نسخه رایانه‌ای از الگوریتم تخصیص کلیه برای افراد بالغ	شمال ایتالیا	طراحی الگوریتم جدید تخصیص کلیه برای افراد بالغ که NITK3 نام داشت و شامل دو گام و چهار مرحله بود. مبنای این طراحی هم مطالعه‌ای در سال ۱۹۹۸ از بررسی داده‌های ۲۹۱۷ بیمار دریافت‌کننده پیوند کلیه در ۱۲ مرکز زیر نظر North Italy Transplant (program NITP) از سال ۱۹۹۰ لغایت ۱۹۹۷ و رابطه معنا دار میان سن دهنده عضو، نبود تزریق خون قبل از پیوند، نوع و مرکز دیالیز گیرنده عضو و سطح تطابق HLA با بهبود پیامد پیوند بود.	در الگوریتم جدید، در گام نخست ۴ مرحله زیر در لیست انتظار محلی اجرا می‌شود: ۱) بیمارانی با گروه‌خونی متناسب، بیماران سازگار با PRA>٪۳۰، آن‌هایی که پیوند مجدد دریافت می‌کنند و ناسازگاری HLA آن‌ها با دهنده کلیه صفر یا ۱ باشد، انتخاب می‌شوند. ۲) در این مرحله بیمارانی با مشخصات مرحله نخست و ۲ تا ۴ ناسازگاری HLA انتخاب می‌شوند و به دو زیر گروه ۲ ناسازگاری و ۳ یا ۴ ناسازگاری جدا می‌شوند. ۳) بیمارانی با گروه‌خونی متناسب، بیمارانی با PRA<٪۳۰، آن‌هایی که برای اولین بار پیوند دریافت می‌کنند و ناسازگاری HLA آن‌ها با دهنده کلیه صفر یا ۱ باشد، انتخاب می‌شوند. ۴) بیمارانی با مشخصات مرحله سه و ۲ تا ۴ ناسازگاری HLA انتخاب می‌شوند.	هر دوی معیارهای عدالت و بالینی در طراحی الگوریتم مدنظر بوده‌است. در هر مرحله بیماران انتخابی براساس زمان انتظار مرتب می‌شوند و اولویت با بیمارانی است که زمان انتظار آن‌ها بیش از ۳ سال می‌باشد. میان کاندید هایی با کلاس زمان انتظار یکسان اولویت با فردی خواهد بود که سنش به سن دهنده کلیه نزدیک تر باشد. اگر در لیست انتظار محلی گیرنده‌ای یافت نشد الگوریتم وارد گام دوم شده و چهار مرحله فوق را در کل لیست انتظار انجام خواهد داد. سیستم امتیازدهی	از الگوریتم جدید به مدت ۱۹ ماه و در ۷۳۱ عمل پیوند استفاده شد. نتایج در مقایسه با ۱۹ ماه پیش از پیاده‌سازی و با استفاده از الگوریتم پیشین (NITK2) به شرح زیر بود: ۱) افزایش نسبت گیرندگانی که بیش از ۳ سال در لیست انتظار بوده‌اند. ۲) افزایش پیوند در بیماران آلوایمیونیزه (Alloimmunization) شده و بیمارانی با ناسازگاری HLA صفر یا ۱. ۳) افزایش تعداد کلیه‌هایی که به صورت محلی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. ۴) تغییرات چندانی در میزان بقا و عملکرد ۶ ماهه پس از پیوند مشاهده نشد. ۵) تسهیل دستیابی به تعادل محلی عادلانه در پیوند کلیه. ۶) تسهیل انطباق سازمان‌های فراهم آوری کلیه با قوانین تخصیص کلیه. ۷) امکان مستندسازی کل فرآیند تخصیص.
Bang و همکاران (۲۰۱۰) [۱۷]	ارزیابی کیفی کلیه اهدایی از مرگ‌مغزی با استفاده از یک سیستم نمره‌دهی	بیمارستان ملی دانشگاه سئول و مرکز پزشکی سامسونگ – کره	در گام نخست به منظور شناسایی ویژگی‌هایی از کلیه اهدایی که بر روی بقا و عملکرد پس از پیوند تأثیرگذار هستند اطلاعات ۴۴۱ بیمار دریافت کننده کلیه در دو مرکز، بین سال‌های ۱۹۹۴ لغایت ۲۰۰۸ مورد بررسی قرار گرفت. در نهایت رابطه معنی دار میان بقا و عملکرد کلیه با متغیرهای سن، علت مرگ، eGFR، سابقه فشار خون ، ناسازگاری HLA و وزن بدن دیده شد که در سیستم نمره‌دهی مورد استفاده قرار گرفت.	سیستم نمره‌ها به این قرار بود: سن دهنده (صفر– ۲۵ نمره) ، سابقه فشار خون (صفر – ۴ نمره) ، eGFR (صفر – ۴ نمره) ، علت مرگ دهنده (صفر – ۳ نمره) ، ناسازگاری HLA (صفر – ۳ نمره) ، وزن بدن دهنده (صفر – ۱ نمره). در این نمره‌دهی‌ها نمرات پایین تر به معنی وضعیت بهتر در نظر گرفته شد. براساس مجموع نمرات کلیه‌ها به چهار دسته تقسیم شدند: ۱) A= (۰-۱۰) ۲) B= (۱۱-۲۰) ۳) C= (۲۱-۳۰) ۴) D= (۳۱-۴۰)	سیستم امتیازدهی	زمانی که سیستم را به جمعیت مورد مطالعه خود تطبیق دادند نتایج فراوانی A= ٪۵۳/۴، B=٪۳۱/۴، C=٪۱۴/۹، D= ۰/۳۲ بود. نتایج در مورد بقای ۶ ماهه، ۱۲ ماهه و ۵ ساله مشابه بوده و در هر سه با افزایش نمره میزان بقا و عملکرد کلیه ضعیف تر بوده و نتیجه گیری شد که سیستم در پیش بینی نتایج پیوند به خوبی عمل می‌کند. در مرحله آخر این مطالعه، سیستم نمره‌دهی ایجاد شده توسط Nyberg و همکاران [۱۹،۲۰] با این اطلاعات تغییر داده شد تا برای ارزیابی کلیه‌ها در کشور کره مورد استفاده ملی قرار بگیرد.

[DOI: 10.34172/jhbmi.2022.06] [Downloaded from jhbmi.com on 2026-11-17]

Nyberg و همکاران (۲۰۰۱ و ۲۰۰۳) [۱۸،۱۹]	طراحی یک سیستم نمره‌دهی برای پیوندکلیه از مرگ‌مغزی و اپ دیت بعدی آن برای کاهش تعداد فاکتورهای مورد استفاده با حفظ عملکرد سیستم	بیمارستان ملی دانشگاه سئول و مرکز پزشکی سامسونگ – کره	آنها بدین منظور داده‌های مربوط به ۲۴۱ بیمار دریافت‌کننده کلیه از مرگ‌مغزی بین سال‌های ۱۹۹۷ لغایت ۱۹۹۹ که در دو مرکز مختلف تحت عمل پیوند قرار گرفته بودند را مورد بررسی قرار دادند. ارتباط معنی‌داری میان ۷ متغیر مختلف از کلیه با عملکرد اولیه کلیه پس از پیوند مشخص شد. یک سیستم امتیازدهی بر مبنای این ۷ متغیر ایجاد گردید.	لیست متغیرها درابتدای طراحی سیستم به شرح زیر بود : ۱) علت مرگ، ۲) سابقه فشار خون، ۳) آخرین کراتینین، ۴) سن، ۵) سابقه دیابت ملیتوس، ۶) زمان ایسکمی سرد، ۷) شدت پلاک شریان کلیوی محققان در مطالعه بعدی لیست این متغیرها را به سن، سابقه فشارخون، کلیرانس کراتینین، ناسازگاری HLA، و علت مرگ مغزی محدود کردند.	معیارهای پزشکی و بالینی سیستم امتیازدهی	سیستم نمره‌دهی کلیه‌ی اهدایی می‌تواند براساس اطلاعات موجود قبل از پیوند برای تخمین کیفیت و عملکرد اولیه کلیه اهدایی از مرگ‌مغزی کمک کننده باشد. از ارزیابی اولیه سیستم به‌طور آینده نگر برای یک گروه از متقاضیان کلیه در مرکز مایوکلینیک، محققان نتیجه گیری کردند که استفاده از این سیستم امتیازدهی به سیاست‌های مؤسسه در مورد استفاده از اندام‌های اهدائی حاشیه‌ای (marginal organs) بستگی دارد. از سوی دیگر این سیستم ممکن است موجب افزایش رضایت آگاهانه برای دریافت کلیه از مرگ مغزی با دادن پیش آگهی از احتمال موفقیت شود. همچنین توصیه کرده‌اند هر مرکز پیوند نتایج تحلیل خود را از فاکتورهای مؤثر در کلیه اهدایی در این قبیل سیستم‌ها در نظر بگیرد. در ارزیابی‌های بعدی نمونه ارتقا داده شده این سیستم محققان نتیجه‌گیری کردند که این سیستم توانسته در پیش‌بینی نتیجه عمل پیوند نیز موفق عمل کند.
Mishelevich و همکاران (۱۹۷۶) [۲۰]	توصیف یک سیستم تعاملی تطبیق پیوند کلیه آنلاین به نام RENTRAN	منطقه جنوب غربی ایالت متحده آمریکا	این سیستم با همکاری مرکز منابع محاسبات پزشکی (Medical Computing Resources Center) MCRC در مرکز علوم سلامت دانشگاه تگزاس در دالاس (University of Texas Health Science Center at Dallas) UTHSCD راه اندازی شد. منطقه جنوب غربی شامل ۹ مرکز پیوند بود. کارکردهای ارائه شده توسط RETRAN شامل فراهم کردن دستورالعمل‌ها ، تطبیق گیرنده و دهنده، تهیه یک لیست از گیرندگان بالقوه، امکان درج نظرات برای کاربران، اضافه، آپدیت و یا حذف سوابق گیرنده بود.	سازگاری HLA و گروه‌خونی تنها معیارهای تطبیق دهنده‌گیرنده در این سیستم بودند. سیستم گیرندگان احتمالی را درقالب یک لیست نمایش می‌داد و انتخاب‌های لیست می‌توانست شامل تمامی گیرندگان بالقوه یا افرادی که در یک مرکز معین قرار دارند باشند.	اصل سودمندی و معیارهای پزشکی سیستم امتیازدهی	از زمان راه اندازی تا فوریه ۱۹۷۶ بیش از ۲۳۲ تطبیق انجام شد که تقریباً ۱۴۲ کلیه براساس نتایج حاصل از RENTRAN پیوند زده شد و اطلاعات ۳۶۱ گیرنده نیز در پایگاه داده آن ذخیره شد. محققان بیان کردند که اجماع گیرندگان در گروه‌های مبادله منطقه‌ای امکان استفاده کارآمدتری از کلیه‌های مرگ‌مغزی موجود را به مراکز داده است.

[Downloaded from jhbmi.com on 2026-11-17]
[DOI: 10.34172/jhbmi.2022.06]

Hawkins و همکاران (۲۰۰۰) [۲۱]	مطالعه و ارزیابی یک سیستم امتیازدهی برای تخصیص کلیه پیوندی از اهداکننده مرگ مغزی	هنگ کنگ – چین	پیش از سال ۱۹۹۴ کلیه‌های دریافتی از مرگ مغزی در هنگ کنگ عمدتا براساس تعداد آنتی‌ژن‌های HLA مشترک میان اهداکننده و دریافت‌کنندگان موجود در لیست انتظار اختصاص می‌یافت. تعداد آنتی‌ژن‌های سازگار بین صفر تا شش عدد بوده و با این حساب برای هر اهداکننده خاص، تعداد زیادی از گیرندگان با همان تعداد آنتی‌ژن مشترک وجود داشت لذا یک فاکتور ثانویه برای انتخاب لازم بود. این فاکتور از یک بیمارستان به بیمارستان دیگر متغیر بوده و معیارهایی از جمله سن دریافت‌کننده (با اولویت افراد جوان‌تر)، مدت زمان انتظار (اولویت با افرادی که بیشتر منتظر بوده‌اند)، ملاحظات بالینی، ملاحظات روانی اجتماعی و غیره را شامل میشد. علیرغم این واقعیت که سن و زمان انتظار دو عامل مهم در تخصیص کلیه دریافتی از مرگ‌مغزی بودند، هیچ سیستم یکپارچه‌ای تا قبل از سال ۱۹۹۴ وجود نداشت. در سال ۱۹۹۴ کمیته مرکزی کلیه یک سیستم امتیازدهی را برای استاندارد سازی وزن دهی به دو فاکتور سن و زمان انتظار معرفی کرد.	نحوه محاسبه امتیازات در سیستم امتیازدهی تخصیص کلیه در مراحل اولیه طراحی به شرح زیر بود: امتیاز = (سن بیمار – ۶۰) + (زمان انتظار * ۳) + (۵ امتیاز برای افراد زیر ۱۳ سال) این سیستم تقریباً به مدت ۲ سال مورد استفاده قرار گرفت. در طول این مدت آگاهی فزاینده‌ای در رابطه با معایب تخصیص کلیه با وزن دهی زیاد به آنتی‌ژن‌های مشترک میان اهداکننده و دریافت‌کننده ایجاد شد. با در نظر گرفتن این ملاحظات و تنظیم دقیق وزن‌ها براساس ۲ سال تجربه، کمیته مرکزی کلیه در سال ۱۹۹۶ سیستم تخصیص کلیه را اصلاح کرد. در سیستم جدید گیرندگان در چهار خوشه بیمارستانی شامل بیمارستان کوئین مری، بیمارستان پرنس ولز، بیمارستان پرنسس مارگارت و بیمارستان ملکه الیزابت قرار گرفتند. یکی از ویژگی‌های متمایز این سیستم نسبت به قبل این بود که در آن سعی شده بود که کلیه به گیرنده‌ای مناسب و از همان خوشه بیمارستانی تعلق یابد و تنها در صورتی پیوند به گیرنده‌ای از سایر خوشه‌ها امکان پذیر بود که ناسازگاری آنتی‌ژن‌های HLA میان دهنده و گیرنده برابر صفر باشد. با در نظر گرفتن گروه‌خونی ABO کلیه به فردی با بیشترین امتیاز از همان خوشه تخصیص می‌یافت. نحوه محاسبه امتیاز طبق فرمول زیر بود : امتیاز = (سن بیمار – ۶۰) + (زمان انتظار * ۳) + (۱۰ امتیاز برای افراد زیر ۱۵ سال) + (نمره HLA) اختصاص نمره HLA براساس قوانین زیر بود: ۱) اگر ناسازگاری HLA-B و DR برابر صفر باشد = ۲۰ امتیاز، ۲) اگر ناسازگاری HLA-B و DR برابر یک باشد = ۱۵ امتیاز، ۳) اگر ناسازگاری HLA-B و DR برابر دو باشد = ۱۰ امتیاز، ۴) اگر تمامی آنتی‌ژن‌ها (HLA-A, B, DR) سازگار باشند = ۵ امتیاز اضافه همچنین اگر بیماری شرایط زیر را داشت از محاسبات امتیاز کنار گذاشته می‌شد. ۱) اگر Crossmatch در برابر اهداکننده منفی بود. ۲) بیمار سابقه فعلی یا قبلی واکنش آنتی‌بادی در برابر هر یک از آنتی‌ژن-های ناسازگار موجود در HLA اهداکننده را داشت. ۳) اهداکننده یک آنتی‌ژن ناسازگار با دریافت‌کننده‌ای داشت که پیوند قبلی‌اش ناموفق بوده و سایر موارد منع‌کننده بالینی یا اجتماعی	هر دو دسته معیارهای پزشکی و عدالت سیستم امتیازدهی	سیستم جدید از ژوئیه ۱۹۹۶ لغایت آوریل ۲۰۰۰ و برای تخصیص مجموعاً ۱۶۸ کلیه مرگ‌مغزی مورد استفاده قرار گرفت. از لحاظ توزیع سازگاری آنتی‌ژن‌ها ۱۸ کلیه به گیرندگانی با ناسازگاری HLA برابر صفر پیوند زده شد. در کل ۱۶ نفر از این تعداد فوت کردند و میانگین مدت بقای آن‌ها ۴ ماه پس از پیوند محاسبه شد و تنها در یک مورد از این‌ها رد پیوند به عنوان علت مرگ ثبت شده بود. بقای پیوند در پایان دوره سه ساله ۸۳ درصد بود. هدف نخست سیستم جدید پاک کردن افراد مسن و افرادی با مدت زمان انتظار بالا از لیست انتظار بود که نتایج به خوبی بیانگر تحقق این امر بود چراکه در پایان ۳ سال، ۵۳ درصد از دریافت‌کنندگان بالای ۴۰ سال و ۱۳ درصد بالای ۵۰ سال سن داشتند. همچنین حدود ۵۰ درصد از دریافت‌کنندگان بیش از ۶ سال در لیست انتظار بودند. تأثیر فاکتور سازگاری HLA نیز تا حدودی کاهش یافته بود. در پایان محققان بیان کردند که به نظر می رسد سیستم نوین در دستیابی به هدف نهایی خود یعنی ارائه روشی عادلانه تر برای تخصیص کلیه‌های مرگ‌مغزی موفق عمل کرده است.

[Downloaded from jhbmi.com on 2026-11-17]
[DOI: 10.34172/jhbmi.2022.06]

Saha و همکاران (۲۰۱۲) [۲۲]	ارائه یک مدل مبتنی بر دانش، برای انتخاب اهداکننده کلیه مرگ‌مغزی و گیرنده مناسب با استفاده از تکنیک‌های فازی و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی	آمریکا	---	مدل پیشنهادی شامل سه فاز بود: فاز اول: انتخاب نامزدهای دهنده–گیرنده: در ابتدا یک سیستم استنتاج فازی سبک ممدانی (Mamdani Style Fuzzy Inference System) MSFIS برای اختصاص یک نمره (Selection Scores) SSs براساس معیارهای تعریف شده توسط شبکه‌های اهداکننده عضو، برای هریک از گیرندگان و دهندگان (به صورت جداگانه) مورد استفاده قرار گرفت. در این مرحله ابتدا لیست اهداکنندگان و لیست انتظار گیرندگان تهیه شد. این لیست حاوی داده-های مورد نیاز برای معیارهای انتخاب بود. این معیارها شامل سن، مدت زمان انتظار و نمره PRA برای انتخاب گیرنده و سن، سرم کراتینین و سرم آلبومین برای انتخاب دهنده بود. SS بین صفر تا ۱۰۰ متغیر بود. پس از آن نامزدها براساس نمراتشان که از خروجی MSFIS به دست آمده بود به صورت نزولی مرتب شدند. فاز دوم : تطبیق نامزدهای دهنده–گیرنده: در این فاز crossmatch، گروه‌خونی ABO، و آنتی‌ژن‌های HLA و تفاوت سنی میان هر جفت از دهنده و گیرندگان، چهار پارامتر ورودی برای به دست آوردن نمره تطبیق (Matching Scores) MS برای هر یک از گیرندگان بود. نحوه تعلق امتیازات در ناسازگاری HLA به صورت زیر بود: ۱) عدم مطابقت برابر صفر = ۵۰ امتیاز، ۲) عدم مطابقت برابر یک= ۳۰ امتیاز، ۳) عدم مطابقت برابر دو = ۱۰ امتیاز، ۴) عدم مطابقت برابر سه یا بیشتر = صفر امتیاز همچنین بیماران براساس اختلاف سنی با دهنده کلیه به چهار دسته تقسیم می‌شدند: ۱) اختلاف سنی کمتر از ۵ سال = ۵۰ امتیاز، ۲) اختلاف سنی بین ۵ تا ۱۰ سال = ۴۰ امتیاز، ۳) اختلاف سنی بین ۱۰ تا ۲۰ سال = ۲۰ امتیاز، ۴) اختلاف سنی بیش از ۲۰ سال = ۱۰ امتیاز این امتیازات در مجموع نمره تطبیق را تعیین می کرد که بین ۰ تا ۱۰۰ بود. نمره MS غیر قابل قبول بود مگر نتیجه crossmatch منفی بوده و گروه‌خونی گیرنده با دهنده مطابقت داشت. فاز سوم: رتبه بندی کلی نامزدهای دریافت کلیه: رتبه بندی کلی مبتنی بر ۴ معیار بود: SS، MS، موقعیت جغرافیایی (محلی، منطقه‌ای، ملی) و وضعیت پیوند (آیا قبلاً پیوند داشته یا خیر). وزن چهار معیار کلی و معیارهای ثانویه تحت هریک از معیارهای کلی با استفاده از AHP (Hierarchy Process Analytical) به دست آمد. سپس نامزد منتخب براساس رتبه‌بندی AHP انتخاب می‌شد.	هر دوی معیارهای پزشکی و عدالت ترکیبی از فازی و امتیازدهی	نتایج تجربی نشان داد که این مدل با محدود کردن آزمایشات به گروه محدود تری از نامزدها می‌تواند برای صرفه‌جویی در منابع بیمارستان و هزینه آزمایشات پزشکی مورد استفاده قرار گیرد. هدف از ارائه این مدل ارائه یک رویکرد منظم برای انتخاب و تطبیق دهنده و گیرنده برای کمک به شبکه‌های اهدای عضو برای تخصیص کلیه بود که براساس داده‌های آزمایشی محققان به این نتیجه رسیدند که سیستم به هدف خود دست یافته است.

[Downloaded from jhbmi.com on 2026-11-17]
[DOI: 10.34172/jhbmi.2022.06]

Taherkhani و Khasha (۲۰۱۸) [۲۳]	توسعه مدل تصمیم‌گیری چند معیاره برای تخصیص کلیه بر اساس روش امتیاز دهی	ایران	این مطالعه در دو مرحله انجام شد. در مرحله اول عوامل مؤثر در تخصیص کلیه از مطالعات مرتبط استخراج شده و سپس با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی وزن‌دهی شدند. در مرحله دوم، بیماران در لیست انتظار با استفاده از تکنیک اولویت سفارش بر اساس شباهت به راه‌حل ایده‌آل رتبه بندی شدند.	شامل معیارهای مختلف که در دو گروه معیارهای مربوط به سودمندی پزشکی و عدالت هستند می‌باشند. معیارهای سودمندی شامل تطابق HLA، احتمال بقای پس از پیوند، تطابق گروه خونی، اختلاف سنی اهداکننده و گیرنده و معیارهای عدالت شامل این که آیا شخص قبلاً اهداکننده زنده کلیه بوده یا خیر، فوریت پزشکی، وضعیت پیوند(قبلاً پیوند داشته یا خیر)، مدت زمان انتظار، نمره پانل (PRA) و سن گیرنده بودند.	تمرکز بر معیار های عدالت و پزشکی در تخصیص کلیه دربافتی از بیمار مرگ مغزی سیستم امتیازدهی	محققان پیشنهاد دادند که از مدل پیشنهادی مطالعه می‌توان برای توسعه سیستم تخصیص عضو در کشورهایی که الگوریتم تخصیص ندارند یا قصد بهبود سیستم‌های تخصیص خود را دارند استفاده کرد. همچنین روش پیشنهادی را می توان با تغییرات اندکی برای تخصیص سایر اندام‌ها نیز مورد استفاده قرار داد.
Koyuncugil و همکاران (۲۰۱۰) [۲۴]	توسعه یک سیستم که با فراهم نمودن اطلاعات پیوند های موفق و داده کاوی آن‌ها، الگوهای پنهان را کشف نموده و از آن ها برای یافتن مناسب‌ترین فرد اهداکننده برای پیوند استفاده می کند.	ترکیه	روش اصلی که در این سیستم استفاده شده الگوریتم قانون انجمن A-prior (Association Rule Algorithm) است. این سیستم بر اساس دو مرحله اصلی عمل می‌کند: مراحل Prior و مراحل سیستم. مراحل Prior شامل مراحل آماده سازی سیستم برای ارائه داده‌های لازم برای پردازش است و شامل مراحل زیر بود: ۱- توسعه پرونده الکترونیکی بیمار شامل اطلاعات دموگرافیک (شامل جنسیت، سن، آدرس و وضعیت تأهل)، اطلاعات پزشکی، و اطلاعات مربوط به شرایط زندگی و عادات روزانه. ۲- توسعه پایگاه های اطلاعاتی بیمارستان HBD (Hospital Databases): سوابق الکترونیکی بیماران در پایگاه های بیمارستانی جمع آوری می شود. ۳- انتخاب سوابق پیوند اعضا: HDBها شامل انواع سوابق بیماران می باشد. بنابراین، فقط سوابق بیمارانی که عمل پیوند عضو داشته اند برای انتقال داده‌های بیشتر انتخاب می شود. مرحله دوم خود شامل پنج زیر مرحله می‌باشد: ۱- انتقال داده‌ها به پایگاه داده پیوند اعضا: تمام داده‌ها در یک پایگاه داده مرکزی جمع‌آوری می‌شوند. ۲- آماده‌سازی داده‌ها: مقادیر از دست رفته، اطلاعات پرت و سایر مشکلات داده حل برطرف می‌شوند. ۳- اندام مورد نظر انتخاب می‌شود. ۴- تعیین متغیرهای مهم: الف. اجرای الگوریتم A-prior برای اندام: تعیین متغیرهای مهم در موارد پیوند عضو موفق و مقدار آستانه t. ب. تعیین متغیرهای مهم برای اندام: مهم‌ترین متغیرها و عوامل با توجه به تناظر اندام از طریق الگوریتم تعیین می‌شود. ۵- تعیین ارگان متناظر: الف. تطبیق دهنده متناظر با متغیرهای مهم تعیین شده از طریق کواری. ب. پیدا شدن عضو: اگر اطلاعات قبلی نشان دهد که اندام برای پیوند مناسب به نظر می‌رسد، آزمایشات پزشکی بیشتر انجام می‌شود. اگر اطلاعات قبلی نشان دهد که عضوی برای پیوند نامناسب به نظر می رسد، یک اهدا کننده جدید جستجو می‌شود.	---	با تمرکز بر سودمندی از لحاظ پزشکی داده کاوی	سیستم می‌تواند برای کاهش زمان لازم برای یافتن اهداکننده مربوطه مناسب باشد.

[Downloaded from jhbmi.com on 2026-11-17]
[DOI: 10.34172/jhbmi.2022.06]

Rao و همکاران (۲۰۰۹) [۲۵]	ایجاد یک شاخص خطر مستمر اهداکننده کلیه (Donor Risk Kidney) KDRI (Index را برای کلیه‌های اهداکننده متوفی، که متغیرهای اهداکننده و پیوند را ترکیب می‌کند تا خطر شکست پیوند را کمی‌سازی کند.	آمریکا	داده‌های ملی پیوند کلیه بزرگسالان که برای اولین بار پیوند شده‌اند از سال ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۵، بررسی شده و داده‌های ۶۹۴۴۰ پیوند مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. پیگیری بیمار برای تعیین شکست پیوند از روز پیوند آغاز شده که به عنوان بازگشت به دیالیز، پیوند مجدد یا مرگ تعریف می‌شود. از یک مدل رگرسیون کاکس (Cox) برای تخمین میزان نسبی شکست پیوند به طور مستقل با هر اهداکننده و عامل پیوند، تنظیم شده برای ویژگی‌های گیرنده و سال پیوند، استفاده نموده‌اند. مدل کاکس بر اساس مرکز پیوند گیرنده، سن گیرنده (تک سال) و وضعیت دیابت طبقه بندی شده است.	---KDRI، ۱۴فاکتور اهداکننده و پیوند که هر کدام به طور مستقل با شکست پیوند یا مرگ مرتبط هستند معرفی کرده است که شامل سن اهداکننده، نژاد، سابقه فشار خون بالا، سابقه دیابت، کراتینین سرم، علت مرگ عروق مغزی، قد، وزن، اهدای پس از مرگ قلبی، وضعیت ویروس هپاتیت C، عدم تطابق آنتی‌ژن B و DR لکوسیت انسانی، زمان ایسکمی سرد و پیوند دوبل یا بلوک می باشد. KDRI میزان شکست پیوند را نسبت به یک اهداکننده ۴۰ ساله سالم منعکس می‌کند و می‌تواند به عنوان یک ابزار تصمیم‌گیری مفید در زمان پیشنهاد کلیه اهداکننده مرگ مغزی استفاده شود.	تمرکز بر معیارهای پزشکی در تخصیص کلیه دربافتی از بیمار مرگ مغزی	----

جدول ۲: فاکتورهای انتخابی دهنده کلیه کادآور و گیرندگان پیوند در فرآیند تخصیص کلیه به تفکیک مطالعات شناسایی شده

نویسندگان	گروه‌خونی ABO گیرنده و اهداکننده	Crossmatch گیرنده و اهداکننده	سن گیرنده/اهداکننده /نسبت سنی	مدت زمان انتظار گیرنده (مدت دیالیز)	سازگاری HLA گیرنده و اهداکننده	نمره پانل PRA گیرنده	فوریت پزشکی گیرنده	عوامل لجستیک گیرنده	پیوند مجدد گیرنده	علت مرگ اهداکننده	سابقه فشار خون اهداکننده	آخرین کراتینین اهداکننده	سابقه دیابت ملیتوس اهداکننده	مدت زمان ایسکمی سرد کلیه	شدت پلاک شریان کلیوی اهداکننده	وزن اهداکننده و گیرنده	اندازه کلیه اهداکننده	سابقه اهدا کلیه گیرنده (اهداکننده زنده)	تخمین بقا
Starzl و همکاران [۲]	*	*	*	*	*	*	*	*								*	*	*		
Yuan و همکاران [۱۳،۲۶]	*	*	*	*	*	*	*	*												
Gundogar و همکاران [۹]	*	*	*	*	*	*		*												
Poli و همکاران [۳]	*	*	*	*	*	*			*											
Mishelevich و همکاران [۲۰]	*				*															
Hawkins و همکاران [۲۱]	*	*	*	*	*															
Saha و همکاران [۲۲]	*	*	*	*	*	*			*			*								
Network (OPTN) Policies [۲۷]	*	*	*	*	*	*				*	*	*	*				*		*	
Nyberg و همکاران [۱۹]			*							*	*	*	*	*	*					
Bang و همکاران [۱۷]			*		*					*	*	*					*			
Stewart و همکاران [۱]			*	*	*	*	*												*	
Taherkhani و همکاران [۱۲]	*		*	*	*	*	*		*										*	*

Human leukocyte antigen (HLA), Panel Reactive Antibodies (PRA)

ABO refers to blood type

[Downloaded from jhbmi.com on 2026-11-17]

[DOI: 10.34172/jhbmi.2022.06]

در اکثریت سیستم‌های تصمیم‌یار شناسایی‌شده، اولویت‌بندی مناسب‌ترین گیرندگان براساس سیستم امتیازدهی به فاکتورهای انتخابی به عنوان روشی کارآمد و مؤثر برای اجرای سیستم‌های تخصیص مبتنی بر بیمار بود (جدول ۱). این سیستم امتیازدهی، اجازه رقابت منصفانه و بی‌طرفانه را بین دسته‌بندی‌های بیماران می‌دهد که با اولویت‌های مرتب شده متوالی امکان‌پذیر نیست، ولی موضوع بسیار مهم این بود که امتیاز و وزن داده شده به هر فاکتور انتخابی به‌طور قابل توجهی در شبکه‌های مختلف متفاوت بود. اولویت‌بندی گیرندگان براساس صرفاً منطق فازی و یا ترکیبی از منطق فازی و امتیازدهی بسیار محدود بود.

بحث و نتیجه‌گیری

بررسی متون و مطالعات مختلف جهانی نشان می‌دهد که مراکز مختلف پیوند کلیه از فاکتورهای متنوعی برای مدیریت درست منبع بسیار ارزشمندی مانند کلیه اهدایی بیمار مرگ مغزی در فرآیند تخصیص استفاده کرده و در این بین سعی دارند تعادلی بین اصول عدالت و سودمندی ایجاد کنند. در این فرآیند مراکز مختلف با در نظرگرفتن بسیاری از عوامل تأثیرگذار، از جمله شرایط عضو اهدایی، شرایط گیرندگان متقاضی از نظر پزشکی و مطابقت آن‌ها با شرایط اهداکننده و همچنین با در نظرگرفتن فاکتورهای عدالت در تخصیص عضو، سعی در اتخاذ درست‌ترین تصمیم ممکن در کم‌ترین زمان را دارند. در این‌بین، دانش به دست آمده در مطالعه حاضر از مرور و شناسایی تصمیم‌یارهای تخصیص کلیه، فاکتورهای متنوع مورد استفاده و اصول مدنظر در آن‌ها می‌تواند به مراکز دیگر در سازماندهی و مدیریت این فرآیند کمک شایسته‌ای کند. پزشکان معالج و گروه‌های پیوند مراکز ناچارند چنین تصمیم مهمی را در مدت زمان بسیار کوتاهی پس از اخذ رضایت از خانواده متوفی اتخاذ نمایند؛ چراکه مدت زمان اعلام مرگ‌مغزی تا زمان پیوند، خود نیز در کیفیت عضو اهدایی و در نتیجه پیامد کل پیوند بسیار حیاتی است؛ بنابراین طراحی و استفاده از سیستم‌های تصمیم‌یار تخصیص عضو در این فرآیند پیچیده، می‌تواند کمک بزرگی به پزشکان و گروه‌های پیوند در راستای تسهیل در نظر گرفتن فاکتورهای مختلف پزشکی و عدالت، افزایش دقت، کاهش خطا و در نهایت بهبود پیامدهای پیوند ارائه دهد. متخصصین امر همواره بر فواید و مزیت‌های استفاده از سیستم‌های تخصیص کلیه اشاره دارند که این امر در مطالعات مرور شده نیز مشهود بود [۲۸،۲۹]. برای‌مثال، در مطالعه‌ای که Mayer و Persijn منتشر نمودند به بررسی نتایج حاصل از پیاده‌سازی سیستم تخصیص کلیه (Eurotransplant Kidney Allocation System) ETKAS، که با مشارکت شش کشور اتریش، بلژیک، آلمان، لوکزامبورگ، هلند و اسلوونی پایه‌گذاری شده بود، پرداختند [۱۶]. این سیستم جمعیتی نزدیک به ۱۸ میلیون نفر را تحت پوشش قرار می‌داد و قوانین تخصیص مورد استفاده در آن براساس اجماع کشورهای شرکت کننده تدوین شده بود. اهداف اصلی این سیستم در زمان پیاده‌سازی، کوتاه کردن میانگین و حداکثر زمان انتظار، مدیریت فنوتیپ‌های نادر HLA، دستیابی به نرخ تبادل متعادل و معقول کلیه در بین کشورها و تضمین توزیع قابل قبول مطابقت HLA بود. بررسی‌های انجام شده در این پژوهش نشان داد که اهداف فوق تا حدود زیادی حاصل شده است. همچنین نرخ بقای ۱ و ۳ ساله پس از پیوند "خوب" ارزیابی شد و مشخص شد که این سیستم موجب بهبود نرخ موفقیت پیوند به ویژه در کودکان شده است. از سایر فواید استفاده از این سیستم‌ها می‌توان به قدرت شبیه‌سازی نحوه تفکر پزشکان در فرآیند تخصیص، کاهش زمان انتظار در لیست پیوند، افزایش موفقیت و بقای کلیه پیوندی، افزایش میزان برخورداری گروه‌های حساس از پیوند کلیه مرگ‌مغزی، افزایش استفاده از کلیه بیمار مرگ‌مغزی در پیوند و بهبود مستند سازی فرآیند پیوند اشاره نمود.

یکی از چالش‌های اساسی در مدیریت درست پیوند کلیه از مرگ‌مغزی برخورداری از پروتکل‌ها، قوانین و یا الگوریتم‌هایی بومی است که مورد توافق گروه‌های مختلف پیوند در سطح یک کشور و یا گروه‌های همکار بین کشورهای مختلف باشد. یکی از مشهورترین پروتکل‌های موجود در این زمینه، که به صورت الگویی توسط سایر مراکز هم استفاده می‌شود، پروتکل UNOS آمریکا است که به شکل گسترده‌ای توسط شبکه یکپارچه به اشتراک‌گذاری عضو در آمریکا مورد استفاده و بازبینی مرتب قرار می‌گیرد [۱]. از دیگر پروتکل‌های مشهور می‌توان به پروتکل FORAS ترکیه [۸] که فرم بومی‌سازی شده‌ی UNOS آمریکا است و پروتکل NITP ایتالیا اشاره نمود [۳،۸،۹]. به تصریح انجمن ایرانی اهدای عضو، علیرغم تلاش

[Downloaded from jhbmi.com on 2026-11-17]
[DOI: 10.34172/jhbmi.2022.06]

گروه‌های پیوند در سراسر کشور، تاکنون تخصیص عضو در ایران به صورت منطقه‌ای و براساس ضوابط و پروتکل‌های نانوشته انجام می‌شود و یکی از برنامه‌های آتی این انجمن تدوین دستورالعمل‌های تخصیص عضو به صورت فراگیر، یکپارچه و کارآمد می‌باشد [۳۰]. در سال‌های اخیر گام‌های کوچکی هم در جهت توسعه چنین سیستم-هایی برداشته شده است. برای‌مثال طاهر خانی و همکاران در مطالعه‌ای که در سال ۲۰۱۸ انجام داده‌اند با بیان اینکه در ایران کلیه‌های اهدایی صرفا با فیلتر کردن لیست انتظار پیوند تخصیص داده می‌شوند و با اشاره به عدم بهینه و کارآمد بودن این روش، اقدام به توسعه یک مدل تصمیم‌گیری چند معیاره برای تخصیص کلیه براساس روش امتیازدهی نمودند [۲۳]. پژوهشگران این مطالعه بیان کردند سه عامل سازگاری HLA، فوریت پزشکی بالا و گروه‌خونی یکسان میان اهداکننده و گیرنده، مهم‌ترین عامل برای تخصیص کلیه هستند. همچنین پژوهشگران مدل پیشنهادی را برای توسعه یک سیستم تخصیص اعضاء در کشورهایی که الگوریتم تخصیص ندارند یا قصد بهبود سیستم‌های تخصیص خود را دارند مناسب دانسته و بیان کرده‌اند که روش پیشنهادی را می‌توان با تغییرات اندکی در تخصیص پیوند سایر اندام‌ها نیز اعمال کرد. متأسفانه مدل پیشنهادی از طرف محققین در این مطالعه پیاده‌سازی نشده و در غالب یک سیستم تصمیم‌یار بالینی ارائه نشده است؛ لذا برای کمک به گروه‌های پیوند در کشور، هم نیاز به یک پروتکل و الگوریتم بومی در این زمینه وجود دارد و هم ضروری است پروتکل مربوطه در غالب یک سیستم تصمیم‌یار بالینی کامپیوتری پیاده‌سازی گردد تا دسترسی راحت پزشکان به اطلاعات بیماران و همین‌طور خود تصمیم‌یار فراهم گردد.

مرور مطالعات بررسی شده نشان داد که سیستم‌های انفرادی طراحی شده در مراکز مختلف تا به امروز، عمدتاً تعداد محدود و ثابتی از فاکتورهای پزشکی مؤثر را در امر تخصیص بنا به نیاز محیطی خود، امکان‌سنجی دردسترس قرار گرفتن راحت فاکتورها در زمان تصمیم‌گیری، و توافق گروه‌های پیوند این مراکز بر روی این فاکتورها دخیل کرده‌اند [۱-۳، ۸، ۹، ۱۳، ۱۶-۱۸، ۲۰-۲۳]. از جمله فاکتورهای مشترک در این مطالعات سن گیرنده، گروه‌خونی گیرنده و اهداکننده، نتایج سازگاری HLA، مدت زمان انتظار و نتیجه آزمایش کراس مچ می‌باشد. بدون‌شک اهمیت فاکتورهای فوق از یک سطح برخوردار نیست. یک اصل مهم که مطالعات مختلف به آن پرداخته بودند، ترتیب و یا به عبارتی اولویت استفاده از این فاکتورها در انتخاب کاندید مناسب برای دریافت پیوند کلیه است. برای‌مثال، در مطالعاتی که Nyberg و همکاران انجام دادند دو هدف اصلی را در نظر داشتند [۱۸،۱۹]. در وهله اول، سیستم امتیازدهی کلیه دریافتی از بیمار مرگ مغزی از طریق کاهش تعداد متغیرهای اهداکننده ساده‌سازی گردید، بدون این که این عمل تأثیر منفی در توانایی پیش‌بینی پیامدهای دراز مدت پیوند توسط سیستم داشته باشد. سپس ارزیابی بقای کلیه‌های پیوند شده در فاصله‌های زمانی ۶ و ۱۲ ماه پس از پیوند و مقایسه نتایج با امتیازدهی سیستم، جهت ارزیابی قدرت پیش‌بینی آن انجام شد. در پایان ارزیابی‌ها، آن‌ها عنوان کردند که سیستم امتیازدهی حتی براساس تعداد فاکتورهای محدود، ولی مؤثر انتخابی ممکن است به پزشکان و بیمارانشان در تصمیم‌گیری برای تخصیص کلیه‌های دریافتی از بیمار مرگ مغزی کمک کند. معمولاً در چنین سیستم‌های تصمیم‌یاری کیفیت کلیه دریافتی از بیمار مرگ‌مغزی نیز به عنوان یکی از مهم‌ترین فاکتورهای پزشکی مدنظر قرار می‌گیرد؛ چراکه عموماً وابسته به وضعیت جسمانی، سوابق بیماری و حادثه منجر به مرگ‌مغزی بیمار بوده و می‌تواند بر روی نتایج حاصل از پیوند و به ویژه در کیفیت زندگی گیرنده پس از پیوند تأثیرگذار باشد [۱۹].

مرور مطالعات همچنین نشان داد که فاکتورهای عدالت نیز از اهمیت بالایی برخوردارند. از جمله فاکتورهای عدالت شناسایی شده می‌توان به مدت زمان دیالیز، وضعیت اجتماعی و اقتصادی گیرندگان، امکان دسترسی به مراکز دیالیز، تعداد فراخوان‌های قبلی فرد که منجر به پیوند نشده و همچنین سابقه اهدای کلیه به عنوان اهداکننده زنده توسط متقاضیان دریافت کلیه مرگ مغزی اشاره نمود. مری سیمرلینگ با بررسی قوانین و دستورالعمل‌های حاکم بر تخصیص عضو در سال ۲۰۰۶، بیان کرده است که دسترسی نابرابر به مراقبت‌های بهداشتی ضروری و پایدار براساس شرایط اقتصادی، مشکلی حیاتی در عرصه پیوند اعضا است [۳۱]. حتی اگر اندام‌های مناسب برای پیوند به اندازه کافی وجود داشته باشد تا هر فردی که نیاز به عضوی دارد بتواند آن را دریافت کند، باز هم با این واقعیت روبه‌رو خواهیم بود که افراد بدون بیمه، افراد با بیمه‌های ضعیف‌تر (با پوشش

[Downloaded from jhbmi.com on 2026-11-17]
[DOI: 10.34172/jhbmi.2022.06]

کمتر) و فقرا فرصت برابر برای پیوند را ندارند و در برخی موارد، این بدان معنا است که هرگز وارد لیست انتظار گیرندگان متقاضی عضو نمی‌شوند. در پرداختن به راه‌حل‌های مشکل دسترسی نابرابر، مهم است که بر دامنه کامل مشکل در هر دو جنبه قبل و بعد از عمل تمرکز شود؛ لذا باید به موضوعات دسترسی نابرابر به اندام‌ها از منظر مزایای بیشتری که نامزدهای پیوند ثروتمندتر دارند، توجه شود. در سیستم‌های سلامت، تمرکز بر دسترسی به اعضا و به ویژه اعضای اهدایی مرگ‌مغزی به عنوان معیاری برای برابری در برخورداری از نظام سلامت شناخته می‌شود؛ بنابراین در راستای رعایت عدالت در طراحی الگوریتم‌های سیستم تصمیم‌یار بالینی تخصیص کلیه پیوندی مرگ‌مغزی، بایستی در کنار در نظر گرفتن جنبه‌های پزشکی و بالینی، فاکتورهای تأثیرگذار مرتبط با اصل عدالت را نیز دخیل کرد.

به دنبال تعیین فاکتورهای مؤثر در اهدا، تعیین نحوه تأثیرگذاری هرکدامیک از فاکتورها در فرآیند تصمیم‌گیری، از اهمیت زیادی برخوردار است. روش‌های متفاوتی، نظیر استفاده از الگوریتم‌های هوش مصنوعی، تاکنون به این منظور مورد استفاده قرار گرفته است [۱۳]؛ ولیکن، به‌دلیل عدم مشابهت به تفکر پزشکان و نامشخص بودن مکانیسم کارکردی، این الگوریتم‌ها از طرف جامعه پزشکی زیاد مورد استقبال نبوده است. سیستم‌های امتیازدهی (Scoring systems) روشی کارآمد و مؤثر برای اجرای سیستم‌های تصمیم می‌باشند؛ چراکه اولاً به تفکر پزشکان در مدیریت فرآیند تخصیص نزدیک می‌باشند. دوماً، اجازه رقابت منصفانه و بی‌طرفانه را بین دسته‌بندی‌های بیماران می‌دهند که این مهم با اولویت‌های مرتب شده متوالی ساده امکان‌پذیر نیست [۳۲]. در مطالعات مشابه نیز به نظر می‌رسد سیستم امتیازدهی به علت ماهیت سادگی و قابل درک بودن جزء روش‌های محبوب و رایج برای طراحی و پیاده‌سازی سیستم‌های تخصیص محسوب شده است [۱،۸،۲۶، ۲۱-۱۷]. به عنوان مثال، در مطالعه‌ای که بنگ و همکاران با هدف ارزیابی کلیه اهدایی از بیمار مرگ مغزی با استفاده از یک سیستم امتیازدهی نمودند با اشاره به فراوانی کم کلیه‌های دریافتی از مرگ‌مغزی، توسعه یک سیستم امتیازدهی هدفمند برای ارزیابی کیفی کلیه‌ها را در این راستا مفید دانسته‌اند [۱۷]. ارزیابی، یک روش سیستماتیک برای مطالعه یک سیستم برای درک این که چقدر سیستم مربوطه به اهداف خود نائل می‌شود، ارائه می‌دهد. ارزیابی‌ها به تعیین این که چه چیزی خوب کار می‌کند و چه چیزی می‌تواند در یک سیستم بهبود یابد کمک می‌کند. برای مثال Yuan و همکاران در مطالعه‌ای به ارزیابی سیستم فازی که به منظور کمک به پزشکان در امر تصمیم‌گیری تخصیص کلیه طراحی کرده بودند، پرداختند [۱۳]. آن‌ها برای ارزیابی از داده‌های اهداکنندگان واقعی و لیست انتظار بیماران در یک مرکز پیوند در اونتاریو کانادا استفاده کردند. از پزشک خواسته شد که قبل و پس از دیدن گزینه‌های پیشنهادی الگوریتم فازی، ۵ دریافت کننده و اولویت آن‌ها را تعیین کند. سه معیار برای بررسی پاسخ‌ها در نظر گرفته شد: الف) نرخ همپوشانی، یعنی درصد گیرندگان مشترک بین دو روش، ب) فهرست تطبیق رتبه یعنی همبستگی بین دو رتبه بندی، و ج) توزیع نخستین انتخاب، یعنی انتخاب نخست پزشک در لیست پیشنهادی سیستم. در مرحله بعد طی مصاحبه‌ای اظهارات پزشک در مورد انتخاب‌هایش و احساسی که داشته مورد پرسش قرار گرفت. در مطالعه‌ای دیگر Gundogar و همکاران در مطالعه‌ای اقدام به ارزیابی سیستم فازی FORAS که به منظور تخصیص کلیه دریافتی از بیمار مرگ‌مغزی طراحی شده بود با استفاده از داده‌های واقعی نمودند [۹]. برای مقایسه عملکرد گروه پزشکان و FORAS از دو مقیاس عملکردی بالای ۶۶٪ همپوشانی در سه انتخاب اول (یعنی حداقل دو نفر از کاندیدهای انتخابی یکسان باشند) و یکسان بودن انتخاب اول استفاده شد. این ارزیابی نیز نشان از عملکرد خوب سیستم طراحی شده داشت. علاوه بر این‌ها، همان‌طور که در بالا هم به آن اشاره شده، نتایج کلی ارزیابی‌ها حاکی از اثرات مثبت این سیستم‌ها در بهبود پروسه‌های پیوند مانند تسهیل انطباق سازمان‌های فراهم‌آوری کلیه با قوانین تخصیص کلیه و افزایش درصد بیمارانی که بدلایل مختلفی قبلا پیوند کمتری دریافت می‌کردند، بود [۱۶،۱۸،۲۰]. هر چند هنوز استفاده از چنین سیستم‌هایی، به جزء در مراکز پیشرفته محدودی، در تمامی مراکز پیوند جهانی گسترده نیست، ولی نتایج مثبت مطالعه مروری حاضر به لزوم بهره‌مندی از مزایای چنین سیستم‌هایی در فرآیند پیوند از مرگ مغزی برای استفاده بهینه از این منابع ارزشمند، ولی محدود دلالت دارد.

مطالعه حاضر اولین مطالعه مروری سیستم‌های تصمیم‌یار بالینی تخصیص کلیه پیوندی از بیمار مرگ مغزی می‌باشد که

[Downloaded from jhbmi.com on 2026-11-17]
[DOI: 10.34172/jhbmi.2022.06]

دانـش و بیـنش لازم را در خصـوص ملزومـات طراحـی و پیاده‌سازی سیستم‌های تصمیم‌یار بالینی برای تخصیص کلیـه مرگ‌مغزی و آمادگی برای رفع چالش‌های پیش روی آن‌ها را از مـرور مطالعـات جهـانی در اختیـار محققـان ایـن حیطـه تخصصی قرار دهد، ولی محدودیت‌هایی هم دارد که بایسـتی مدنظر قرار گیرد. از جمله محدودیت‌های ایـن مطالعـه، عـدم امکان استفاده از دانش و تجربه‌های موفق موجود در مقـالات غیرانگلیسی زبان و محدود شدن نتایج این مطالعـه صـرفاً بـه مقالات انگلیسی زبان بود. همین‌طور به دلیل هدف اصلی این مطالعه برای استخراج ویژگی‌های سیستم‌های مدنظر، ارزیابی کیفیت مطالعات ورودی خارج از اهداف مطالعـه بـود و انجـام نشد.

مطالعه حاضر به مرور ملزومات طراحی و پیاده‌سازی و ارزیابی سیستم‌های تصمیم‌یار بالینی برای تخصیص کلیه پیوندی از دهنده مرگ‌مغزی و چالش‌های پیشروی آن‌ها در مطالعات جهانی پرداخت. امید بر این است که بتوان با تکیه بر دانش به دست آمده در این مطالعه در راستای طراحی چنین سیستم‌هایی در نظام سلامت ایران اقدام نموده و حمایت شایسته‌ای از گروه‌های مدیریت اهدای مرگ‌مغزی در خصوص انتخاب مناسب‌ترین کاندیدهای پیوند در کوتاه‌ترین زمان با بروزترین اطلاعات بیماران به عمل آورد.

تشکر و قدردانی

این مطالعه حاصل تحقیقی مستقل است که به عنوان بخشـی از پروژه پایان‌نامـه کارشناسـی ارشـد نویسـنده اول در رشـته انفورماتیک پزشکی (با شماره۹۹۰۰) در دانشگاه علوم پزشکی ارومیه و بدون حمایت سازمانی انجام شد.

تعارض منافع

بدین‌وسیله نویسندگان تصریح می‌نمایند که در مورد پژوهش حاضر هیچ‌گونه تضاد منافعی وجود ندارد.

References

1. Stewart DE, Klassen DK. Early experience with the new kidney allocation system: a perspective from UNOS. Clinical Journal of the American Society of Nephrology 2017;12(12):2063-5.

2. Starzl TE, Hakala TR, Tzakis A, Gordon R, Stieber A, Makowka L, Klimoski J, Bahnson HT. A multifactorial system for equitable selection of cadaver kidney recipients. JAMA1987;257(22):3073-3075. doi:10.1001/jama.1987.03390220071023

3. Poli F, Scalamogna M, Cardillo M, Porta E, Sirchia G. An algorithm for cadaver kidney allocation based on a multivariate analysis of factors impacting on cadaver kidney graft survival and function. Transplant International 2000;13(1):S259-62.

4. Stegall MD. Developing a new kidney allocation policy: the rationale for including life years from transplant. American Journal of Transplantation. 2009;9(7):1528-32. https://doi.org/10.1111/j.1600-6143.2009.02712.x

5. Freeman RB, Matas AT, Henry M, Segev DL, Kaufman DB, Roberts JP. Moving kidney allocation forward: the ASTS perspective. American Journal of Transplantation. 2009;9(7):1501-6. https://doi.org/10.1111/j.1600-6143.2009.02697.x

6. Shapiro R. Kidney allocation and the perception of fairness. American Journal of Transplantation. 2007;7(5):1041-2. https://doi.org/10.1111/j.1600-6143.2007.01765.x

7. Jox R, Assadi G, Marckmann G. Organ Transplantation in Times of Donor Shortage. 1st ed. Springer; 2016.

8. Cardillo M, Scalamogna M, Pizzi C, Poli F, Rebulla P, Taioli E, Sirchia G. Kidney transplantation in the north Italy transplant program. Clinical Transplants 2000:371-3.

9. Gundogar E, Duran FM, Canbolat YB, Turkmen A. Fuzzy organ allocation system for cadaveric kidney transplantation. Transplantation 2005;80(12):1648-53. doi: 10.1097/01.tp.0000183287.04630.05

10. Khazaee PR, Pirnejad H, Bagherzadeh J, Niazkhani Z. Towards Realizing Benefits of Information Technology in Organ Transplant: A Review. Stud Health Technol Inform. 2016;226:29-32.

11. Pirnejad H, Amiri P, Niazkhani Z, Shiva A, Makhdoomi K, Abkhiz S, van der Sijs H, Bal R. Preventing potential drug-drug interactions through alerting decision support systems: a clinical context based methodology. International Journal of Medical Informatics. 2019;127:18-26. https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2019.04.006

12. Niazkhani Z, Pirnejad H, Khazaee PR. The impact of health information technology on organ transplant care: a systematic review. International Journal of Medical Informatics. 2017;100:95-107. https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2017.01.015

13. Yuan Y, Feldhamer S, Gafni A, Fyfe F, Ludwin D. The development and evaluation of a fuzzy logic expert system for renal transplantation assignment: Is this a useful tool?. European Journal of Operational Research 2002;142(1):152-73. https://doi.org/10.1016/S0377-2217(01)00271-5

[Downloaded from jhbmi.com on 2026-11-17]

[DOI: 10.34172/jhbmi.2022.06]

14. Volk ML, Goodrich N, Lai JC, Sonnenday C, Shedden K. Decision support for organ offers in liver transplantation. Liver transplantation. 2015;21(6):784-91. https://doi.org/10.1002/lt.24113
15. Sethi S, Najjar R, Peng A, Mirocha J, Vo A, Bunnapradist S, Jordan SC, Huang E. Allocation of the highest quality kidneys and transplant outcomes under the new kidney allocation system. American Journal of Kidney Diseases 2019;73(5):605-14.
16. Mayer G, Persijn GG. Eurotransplant kidney allocation system (ETKAS): rationale and implementation. Nephrol Dial Transplant 2006 Jan 1;21(1):2-3. doi:10.1093/ndt/gfi269
17. Bang K, Lee HK, Huh W, Lee YJ, Woon BS, Ro H, et al. Assessment of deceased donor kidneys using a donor scoring system. Yonsei Medical Journal 2010; 51(6): 870-76. doi: https://doi.org/10.3349/ymj.2010.51.6.870
18. Nyberg SL, Matas AJ, Rogers M, Harmsen WS, Velosa JA, Larson TS, Prieto M, Ishitani MB, Sterioff S, Stegall MD. Donor scoring system for cadaveric renal transplantation. American Journal of Transplantation. 2001;1(2):162-70. https://doi.org/10.1034/j.1600-6143.2001.10211.x
19. Nyberg SL, Matas AJ, Kremers WK, Thostenson JD, Larson TS, Prieto M, et al. Improved scoring system to assess adult donors for cadaver renal transplantation. American Journal of Transplantation 2003;3(6):715-21. https://doi.org/10.1034/j.1600-6143.2003.00111.x
20. Mishelevich DJ, Stastny PE, Ellis RG, Mize SG. Rentran. An on-line computer-based regional kidney transplant matching system. Transplantation. 1976;22(3):223-8. doi: 10.1097/00007890-197609000-00002
21. Hawkins BR. A point score system for allocating cadaveric kidneys for transplantation based on patient age, waiting time and HLA match Hong Kong Journal of Nephrology 2000;2(2):79-83. https://doi.org/10.1016/S1561-5413(09)60041-7
22. Saha C, Zhang J, Yoon SW, Khasawneh M, Srihari K, editors. Selection and Matching of Kidney Donor and Recipient Using Fuzzy Techniques and Analytic Hierarchy Process IIE Annual Conference. Proceedings; Norcross: 2012. p. 1-10.
23. Taherkhani N, Khasha R. A hybrid multi-criteria decision making model for kidney allocation. International Journal of Hospital Research 2018;7(3):62-79.
24. Koyuncugil AS, Ozgulbas N. Donor research and matching system based on data mining in organ transplantation. Journal of Medical Systems 2010;34(3):251-9.
25. Rao PS, Schaubel DE, Guidinger MK, Andreoni KA, Wolfe RA, Merion RM, Port FK, Sung RS. A comprehensive risk quantification score for deceased donor kidneys: the kidney donor risk index. Transplantation. 2009;88(2):231-6. doi: 10.1097/TP.0b013e3181ac620b
26. Yuan Y, Feldhamer S, Gafni A, Fyfe F, Ludwin D. An internet-based fuzzy logic expert system for organ transplantation assignment. International Journal of Healthcare Technology and Management 2001;3(5-6):386-405. https://doi.org/10.1504/IJHTM.2001.001118
27. The OPTN policies OPTN2021 [cited 2022 Nov 1]. Available from: https://optn.transplant.hrsa.gov/media/eavh5bf3/optn_policies.pdf
28. Formica Jr RN. A critical assessment on kidney allocation systems. Transplantation Reviews 2017;31(1):61-7. https://doi.org/10.1016/j.trre.2016.10.002
29. Friedewald JJ, Samana CJ, Kasiske BL, Israni AK, Stewart D, Cherikh W, Formica RN. The kidney allocation system. Surgical Clinics 2013;93(6):1395-406. doi:https://doi.org/10.1016/j.suc.2013.08.007
30. Najafizadeh K, Gobadi O. Comprehensive education for organ transplant procurement: Iranian society for organ donation; [cited 2022 Aug 2022]. Available from: https://arums.ac.ir/file/download/page/1577082509-.pdf.
31. Simmerling M. The Case of the National Deceased Organ Donor Waiting List as a Measure of Equity and Equality of Access to Organ Transplantation. ICFAI Journal of Healthcare Law 2006;4(3):15-24.
32. Petrini C. Kidney allocation for transplantation: Some aspects of ethics and comparative law. Transplantation Proceedings 2012; 44(7): 1812-4. https://doi.org/10.1016/j.transproc\

[Downloaded from jhbmi.com on 2026-11-17]
[DOI: 10.34172/jhbmi.2022.06]