

大健康与新医疗

BIG DATA Health
and New Medical

2022 年

第07期



上海科学技术情报研究所
上海市前沿技术发展研究中心
技术与创新支持中心(TISC)

数字孪生技术在生物医疗领域的发展与应用

编者按

2012 年，NASA 给出了数字孪生的概念描述：数字孪生是指充分利用物理模型、传感器、运行历史等数据，集成多学科、多尺度的仿真过程，它作为虚拟空间中对实体产品的镜像，反映了相对应物理实体产品的“全生命周期过程”。简单来说，数字孪生就是针对一个或多个设备或系统，创建的动态化数字克隆，也就是数字孪生体。

数字孪生技术在生物医疗领域的发展与应用还处于新兴阶段，主要原理是通过对人群个体与它对应的数字孪生体进行比较，有助于对病人健康与疾病更清晰的认识。数字孪生技术与生物医疗的结合在于通过技术可以识别出人们更喜欢的身体健康参数，这是一个具有潜力的丰富数据来源途径，可以为不同行业主体确定未来新颖的、有效的治疗与保健策略提供新型支持。

目 录

研究进展.....	3
数字孪生技术在生物医疗中的探索性研究.....	3
数字孪生技术在生物医疗中的应用研究进展	6
技术应用.....	8
数字孪生技术在医疗领域的六大应用	8
数字孪生技术在智慧医疗可视化决策系统中的应用	9
行业动态	13
企业运用数字孪生技术推动生物医药领域发展.....	13
数字孪生技术在生物医疗中的机遇与挑战.....	16
典型案例.....	17
智慧医疗数字孪生应用框架——智慧医院信息化系统建设.....	17
数字孪生助力医药生产制造异地协同管控.....	19

研究进展

数字孪生技术在生物医疗中的探索性研究

“Digital Twins 数字孪生”的最早思想，是由密歇根大学的 Michael Grieves 命名的“信息镜像模型”（Information Mirroring Model），也被称为数字化映射。

基于数字孪生的基本思想，医疗中的数字孪生技术主要体现在基于真实多维度多样化数据，创建物理实体或工作过程的虚拟版本，比如患者的数字虚拟状态、解剖结构或根据真实医院创建的虚拟环境。简单来说，就是在虚拟世界中创建一个基于真实数据构建的模型，然后观察并分析该模型对条件的刺激变化，例如新药物或新治疗方案介入后产生的反馈。在这一过程中，创建模型所用到的数据来自于电子病历、历史疾病登记数据库、日常行为数据库、医疗可穿戴设备等。

一、药物研发的探索

临床试验有着成本高、耗时长、效率低等特点，主要因为寻找符合标准并愿意参与试验的患者对临床试验的开展来说是一项巨大的挑战。研究人员可以借助已完成试验的数据，建立实验组和对照组的数字孪生体代替部分人类志愿者，以缓解患者招募的压力。

根据美国食品和药物管理局(FDA)的一份报告，38%—75%的常见病患者采取的药物治理被认为是无效。这说明部分患者痛苦并未被有效减轻，但医疗费用却明显增加。这反映了常见疾病存在复杂性，可能涉及到数千个基因之间的相互作用的改变，而这些基因在同一诊断的患者之间也存在差异。这种复杂性与现代医疗之间存在着较大的差距。在现代医疗中，诊断往往依赖于少数敏感性或特异性有限的生物标志物。而未来医务人员可以通过监测、处理和整合来自医用可穿戴设备、模型数据组、医疗影像和电子病历等大量数据生成的数字孪生体来填补这一差距。

SDTC 瑞典数字孪生联合会 (<https://www.sdte.se>) 提出该情况的策略基础是：

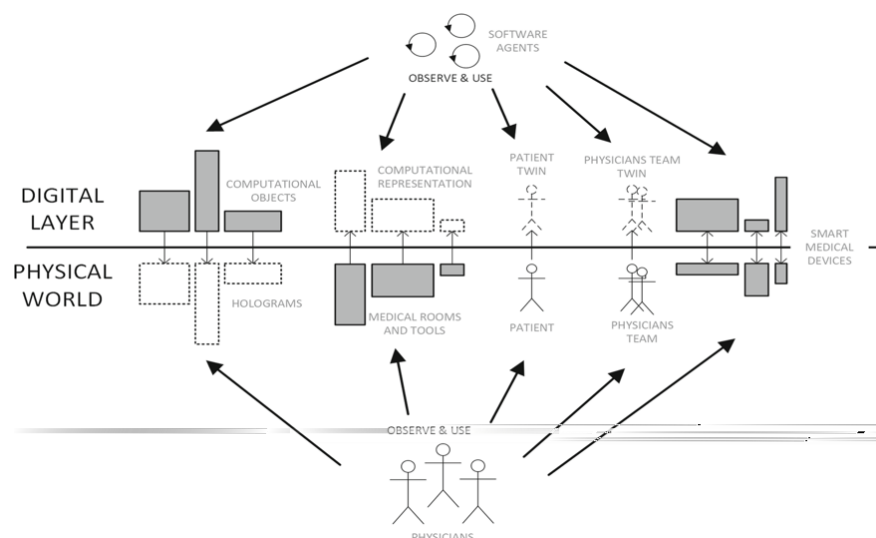
（一）构建与个体患者疾病机制相关的所有分子、表型和环境因素等网络模型的无限数字化拷贝；

（二）用数千种药物对这些数字孪生体进行计算治疗，以确定性能最好的药物；

在这个策略中,数字孪生体应该理想地整合所有与发病机制有关类型的变量。如果变量是不同类型的分子,也可以映射到 PPI 蛋白质互作网络上,以形成多层模块(多维度建立)。一般来说,网络工具可以被利用来构建高辨识度的数字孪生体,从而能够为个性化医学确定生物标志物和药物靶点的优先顺序。如果因果细胞类型无法进行分析,同样重要的是要结合其他方法,如贝叶斯网络、深度学习、决策树、因果推理或状态空间模型等,可以互补地用于构建和分析。在这种情况下,数字孪生模型可以被认为是一个人工智能系统,它与药物相互作用,共同体验人体发生的变化。

二、创伤管理的探索

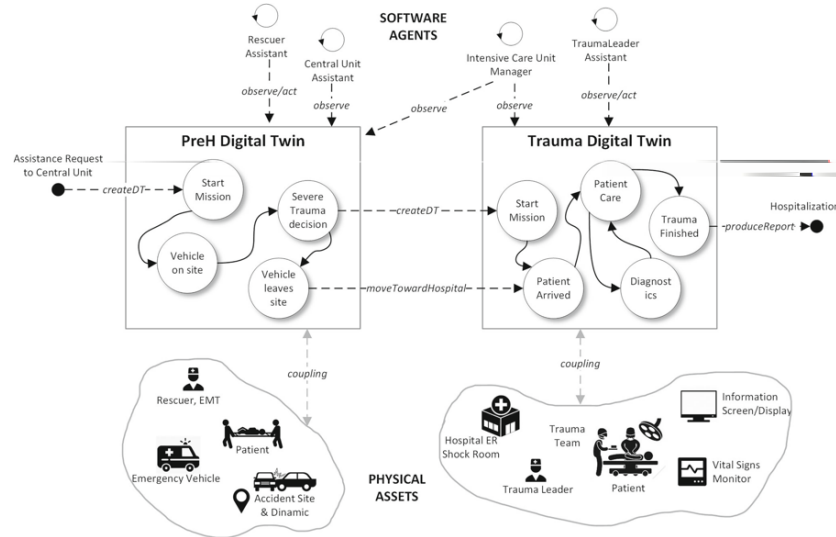
2020 年 8 月 4 日发表在 Journal of Medical Systems (2020) 44: 161 的一篇名为《On the Integration of Agents and Digital Twins in Healthcare》的文章中提出,数字孪生的真正愿景是“在计算机模型上犯错误而不是在人身上”。本文提出的数字孪生体代理的概念,基于数字镜像世界的概念,数字镜像世界是一个由软件代理操作的数字层,它与某些物理环境双向耦合,因此任何相关的物理实体,包括在这种情况下工作的人类用户,都在镜像中有一个数字对应物。数字层和物理层之间的这种耦合可以用来设计更仿真的智能环境。



Agent-based digital twins as mirror worlds: a conceptual representation for the healthcare context (来源: Journal of Medical Systems (2020) 44: 161)

作者认为,基于镜像理论和 MAS (Multi-Agent Systems) 多智能体系统的建设理论,医疗环境中的任何相关设施都可以有其对应的数字孪生兄弟,

这可以作为一部分感知和行动的环境建模，可让感知到的数字孪生体的可观察状态与物理本体的状态耦合起来。例如病人、生命体征监测装置或车辆或其他设备材料作为一种结构，包括与其他独立的数字孪生体的链接，如医院，包括房间、医疗机构、病人等。有时不仅指特定的事物，也可以指过程。文章就此提到了关于“创伤管理”的 Digital Twins 设想。



A conceptual representation of the involved digital twins for the trauma management process

创伤管理是在时间依赖的病理中极为关键的。当创伤发生时，可以发现两个主要过程：

1.院前阶段 Pre-Hospital（PreH）—当病人由医生到达事故地点向他/她提供急救并转移到医院急诊科时。

2.随后的处理阶段 Trauma—当病人在医院急诊科内由创伤小组处理时。

其基本思想是由两个数字孪生体适当地镜像，将与 PreH 阶段相关的过程数字化，以及与医院内创伤管理相关的过程数字化。根据上图设计的概念表示，这种设计遵循创伤管理的真实演变。正是在 PreH 阶段，救援人员负责病人的情况是否严重，来决定创伤小组（第二阶段）是否被触发。

其中 PreH 的数字孪生体的模型涉及数据包括：与救援人员一起送往事故现场的车辆；急救医疗技术人员和急救人员本身；事故地点，特别是事故动态；患者信息。

收集实时信息也需要考虑到中央单位提供的信息，车辆的 GPS 系统，以及救援人员为编制紧急表格而持有的智能设备。在其生命周期中，最相关的时刻与

向救援人员决定持续创伤严重程度状态的过渡有关(考虑患者的健康状态及其GCS-Glasgow Coma 量表值)。

创伤小组数字孪生体涉及数据包含: 病人和所有的信息流都来自生命体征监测仪; 创伤组长和创伤小组成员; Shock Room 和急诊房间; 其他工具和设备(例如快速诊断机器、显示正在进行的创伤的实时信息的显示器等)。

资料来源: “Digital Twins 数字孪生” 技术的医疗应用[EB/OL]. (2021-02-16) .

[2022-10-17]. <https://www.cn-healthcare.com/articlewm/20210219/content-1190857.html>.

数字孪生技术在生物医疗中的应用研究进展

在医疗健康领域, 数字孪生首先应用于医疗设备的预测性维护, 并优化设备的速度和能耗等方面性能, 以完成医院生命周期的优化。在临床领域, 数字孪生技术通过构建人类数字孪生, 即一个与物理人相连的虚拟人, 实现人们健康状态持续检查、预测和诊断。这种数字孪生允许对人类健康状况进行详细和持续的检查, 通过结合患者的个人历史和当前环境(如地点、时间和活动)预测疾病的发生, 最后给出最佳预防措施或治疗。

利用数字孪生技术构建一个虚拟“个体”, 每种已知的治疗方案都运用在虚拟个体上, 并获得“治疗”效果, 医疗人员由此可推断出最佳治疗方案。数字孪生技术甚至可监控虚拟“个体”, 并在疾病出现前发出警报, 从而达到真正的个体或患者提前采取预防措施的目的, 这正是医疗保健领域的数字孪生模型所需要完成的任务。

一、数字孪生心脏研究

“数字孪生心脏研究”的目的是利用数字双子星技术为研究、治疗、临床试验以及其他科学和商业用途去建立心血管系统模型。软件供应商、研究人员、临床医生、制药公司和心脏社区的其他利益相关者都支持这一研究。例如, 英特尔、拜耳、惠普企业和辉瑞都在着手建立数字孪生心脏模型。

研究人员在数字孪生心脏的帮助下获得了更快、更具成本效益的机会来评估新化合物。在数字孪生心脏研究中, 研究人员评估了奎尼丁在各种情况下引起心律不齐的可能性。他们使用健康和病理性心脏模型分别进行了 42 次模拟(包括

750 万个结点和 2.5 亿个内部变量），模拟结果显示了预测的高度准确性，研究人员希望该模型可以广泛用于新药物的研制。

二、数字孪生动脉瘤研究

颅内动脉瘤会引起血栓和中风，有时甚至导致立即死亡，通常情况下医生会避免进行高风险的脑部手术，转而使用导管引入植入物来恢复血流，例如使用分流器来引导血流离开动脉瘤囊。这种方法具有较小的侵入性，之后等待动脉自愈便可。但是，该过程非常复杂，并导致脑出血的风险较大，其成功主要取决于患者的独特健康状况、动脉瘤的类型和大小。有时，标准尺寸的植入物都可能对动脉造成额外伤害。

针对这一现象，总部位于法国的 Sim&Cure 公司把数字孪生技术应用在颅内动脉瘤的个性化治疗上。Sim&Cure 努力避免可预防的医疗错误，帮助神经健康专家选择植入物尺寸去完美贴合动脉瘤，允许临床医生根据他们的旋转血管造影扫描结果对特定患者的动脉瘤和动脉树数字孪生模型进行建模。然后，专家可以模拟植入物的部署过程，并获得动脉瘤与植入物之间相互作用的精确可视化。专业人士可以尝试不同的方法和设备来优化即将到来的过程，在 10% 的侵入性血管内手术中，这种定制植入物还减少了额外的后续干预的风险。

三、完整的数字人体孪生缺失

数字孪生技术已经证明可以在较小的规模上发挥作用，它显示的潜力是巨大的，但是目前尚无完整人体的数字孪生研究成果。其主要原因：人类没有配备嵌入式传感器，描述其状态的医学数据只能从医学检查中提取出来，因此无法保证人类与其数字孪生之间的无缝连接。为了解决这个问题，有关企业研究了一种所谓的“健康追踪器”，它能从头到脚测量人们的健康参数。例如，飞利浦的 SmartSleep 头带可记录人类的睡眠，Polar 的 H10 胸带会详细测量心率，Fitbit 的 Ionic 会记录步数和跑步习惯，所有这些设备都输出数据，这为我们提供了数字个体连续数据，解决了数据源无缝连接的问题。

资料来源 陈岳飞，王思思，田明棋，等. 数字孪生技术在医疗健康领域的应用及研究进展[J]. 计量科学与技术, 2021, 65(10): 6-9.

技术应用

数字孪生技术在医疗领域的六大应用

数字孪生技术从某种意义上可以实现医疗的 P4 模式，即 predictive（预见性）、personalized（个性化），preventive（注重预防）和 participatory（主动参与），具体体现在其在医疗领域的 6 个应用方面：

一、诊断和治疗决策支持——软件作为医疗设备

来自不同健康数据源（如成像记录、亲自测量、实验室结果和遗传）的患者数字孪生数据将在诊断过程中提供帮助。患者模型将模拟从可用临床数据中捕获的患者的健康状况，并从统计模型中推断出缺失的参数。例如，心血管成像和计算流体动力学的结合能够实现流场的非侵入性表征和诊断指标的计算。

二、病人监护——可穿戴设备

更小、更舒适的可穿戴设备（传感器）将用于为我们在云中的数字孪生提供实时数据。通过健康追踪器（生物识别、行为、情绪、认知、社会心理等）对疾病进展和持续的患者数据收集有足够的了解，我们可以开发在早期阶段检测症状的模型，让医生和用户有能力在生病前诊断患者。此外，在治疗期间，我们将能够评估治疗是否有效。

有数据已经有很多来源，可以养活我们的数字孪生体，要调整我们的风险因素，如医疗记录，实验室测试结果，药房数据，健康和疾病管理的数据，幸福设备生成的数据，和社会决定因素，如邮政编码、当地天气、购买习惯等。

三、手术模拟——手术风险评估

根据定义，手术是个性化的。从当前状态到最佳结果，手术都是根据患者的需要量身定制的。个性化对于提高干预成功率和降低患者风险至关重要。数字孪生体将通过模拟侵入性临床程序以在选择治疗之前预测结果来提供帮助。从医疗设备选择（位置、方向、尺寸等）到手术变量确定（大小、角度、形状等）。

四、医疗器械设计与优化——MedTech

一方面是具有患者特定特征的患者数字孪生，另一方面是捕捉设备设计的医疗设备数字孪生。可以将两种模型关联起来，看看当特定设备安装到特定患者身上时会发生什么。这是无法在没有伤害的情况下进行临床研究的人群情况，例如罕见病患者或儿科患者。

数字孪生在优化任务中非常有用，例如通过在不同条件和不同患者下运行数百个模拟来提高设备性能。随着 3D 打印技术的出现，患者数字孪生可以通过为每个患者创建独特的设计来实现医疗设备的个性化。

五、药物开发和剂量优化—计算机临床试验

通过计算处理具有数千种药物的数字孪生体，以便为特定情况确定最好的一种或几种。并不需要停留在已经存在的药物上，可以创建一个由具有不同表型的真实患者组成的数字队列，这些患者具有相同的症状，并测试新的潜在药物，以预测成功的可能性以及最佳剂量，改进第一次拍摄将减少必要的临床试验数量。

计算机模拟临床试验将揭示需要数年时间才能在体内观察的过程，或评估罕见病例的风险，其中随机临床研究需要数千名患者来观察其中的少数病例。

六、监管决策

自 2016 年以来，美国国会和欧洲议会都开始将建模和模拟纳入生物医药产品监管过程中的证据来源。特别是由于数字证据在评估医疗设备方面具有节约成本的潜力，因此 FDA 已承诺将数字证据转化为一种有价值的监管工具。

此外，一些公司表示，临床试验的成本可能很快会超过收入，这将加速行业转向其他相关且可靠的数据来源，以证明医疗器械和药品的安全性和有效性。

资料来源：医疗领域的 6 种数字孪生应用——未来十年的革命[EB/OL].（2021-12-14）.

[2022-10-17]. www.pjtime.com/2021/12/243260518737.shtml.

数字孪生技术在智慧医疗可视化决策系统中的应用

智慧医院可视化决策平台面向医院管理部门，支持整合医院各部门现有信息系统的数据资源，覆盖医院管理各领域，凭借先进的人机交互方式，实现医院综合态势监测、日常态势监测等多种功能，可广泛应用于态势监测、应急指挥、分析研判、展示汇报等应用场景。

一、综合态势监测

支持集成医院现有信息系统数据资源，对医院医疗资源、日常门诊、住院病患、药品管理、医疗服务、科研教学以及医院运维态势等管理领域的关键指标进行综合监测分析，辅助管理者全面掌控医院运行态势，实现人、事、物统一管理。

二、医院运营态势监测

2.1 急诊预约挂号监测

支持接入医院各门诊管理系统数据，对门诊人数、候诊人数、出诊医生、预约人数、医疗床位、医疗设施等指标进行实时监测，并按照就医人群年龄、性别、预约途径以及医生出诊工作量等不同维度信息进行可视分析；方便患者自主选择就诊时间，缩短看病流程，提高就诊效率，使医院的门诊流量更合理，资源配置更科学；为医院管理者优化门诊资源配置提供决策支持。

2.2 医务管理监测

支持整合医务管理各种系统数据，对医师技术档案、医护人员排班、手术分级等管理要素进行可视化管理，按照不同层级的医护人员的工作权限和资格，履行不同的岗位职责和工作任务，实施人性化管理，将医护资源分配发挥最大利用，为医院领导制定医务管理相关决定提供科学的决策依据。

2.3 住院病患监测

支持整合医院各住院管理系统数据，对住院病患病种、平均住院日、床位使用情况、危重症转换率、出院率、住院费用等关键指标进行综合监测，通过多种类型的可视化分析图表，对疾病控制效果、床位紧张程度、住院费用等要素进行可视化分析，支持对危重症病患进行重点高亮显示，辅助管理者综合掌握医院住院病患情况，为医疗资源调配及病患治疗方案调整提供决策依据。

2.4 电子病历监测

支持集成患者病历相关数据，对病程记录、手术记录、医生医嘱、护理记录等进行可视化管理，改变传统纸质病历，缩短医护人员书写病患病历时间，提高医护人员工作效率，辅助管理者便捷管理病历数据，提升医院档案管理效率。

2.5 药品管理监测

支持集成各药品管理系统数据，对药品验收、购进和退库的时间、人员以及各类药品品名、规格、数量、批准文号、有效期、消耗动态等要素进行综合监测；融合行业可视分析技术，对药品的供需平衡状态进行分析，辅助管理者掌握用药情况，为解决药品紧缺与积压两方面矛盾，保证患者用药安全提供科学依据。

2.6 人力资源管理监测

支持整合医院人力档案相关数据，对人事档案、招聘管理、奖惩管理、调动管理、绩效管理、考勤管理等进行综合监测，提升医院人力资源管理工作水平，

为管理者建设医院人力资源信息化提供科学决策依据，实现医院人力资源科学管理。

三、医院运维态势监测

3.1 资产运维监测

支持通过三维建模，对诊断设备、医疗设备、医疗床位、医疗设施类及辅助设备类等各类大型医疗设备等要素进行可视化管理，并对各资产的数量、能耗、空间位置分布、运行状态等信息进行监测和可视化管理。集成各传感器监测数据，对医疗设施液位、电压等运维数据进行实时监测，对异常状态（故障、短路冲击、过载、过温等）进行实时告警，提升管理者对医院各类资产的运维管理效率。

四、应急指挥调度

4.1 情报监测告警

支持整合医院管理情报数据资源，基于时间、空间、数据等多个维度为各类焦点警情建立阈值告警触发规则，并支持集成电子围栏、门禁报警、电子巡更等监测系统，自动监控各类焦点事件的发展状态，进行可视化自动告警。

五、数据分析研判

5.1 数据分析决策驾驶舱

支持对接医院各部门既有海量业务数据，如运营管理、设备检测、物料物资等综合运行数据，提供统计图表、分布图、关系图、空间统计图、空间分布图、空间关系图等多大类近百种数据可视分析图表，进行多维度分析研判，并支持组合为数据分析驾驶舱进行综合显示，实现多指标数据的并行监测分析，为管理者决策研判提供全面的数据支持。

六、多维数据感知

6.1 多类型地图数据融合

支持全球范围多种通用地图数据（如政区图/地形图/卫星图等）接入，还支持警用地理信息系统 PGIS、天地图等专用地图数据接入；支持加载超大范围高精度高程数据、各类矢量地理要素数据、倾斜摄影数据、无人机航拍数据等，充分满足用户的应用需求。

七、成果展示汇报

7.1 工作规划展示

可提供多种可视化展现手段，对医院医疗资源、日常门诊、住院病患、药品管理等工作规划进行详尽展示，并对主要规划指标进行分析，多角度展示医院各部门工作规划内容。支持聚焦医院管理建设各领域，运用影视级的可视化渲染技术，对降本增效、运营成果、安防管理效能等重要指标及建设成果进行全面、清晰、高效地展现，宏观体现建设成果。

八、大屏环境支持

8.1 超高清小间距显示大屏

为指挥中心量身打造超高清小间距 LED 大屏显示解决方案，支持无缝、无边框、无限拼接，可自定义整屏尺寸，任意分辨率下，画面显示效果精准完整；具备低亮高灰技术内核，画质细腻流畅，观看舒适；亮度智能调节，满足多种室内环境应用场合；超宽视角（水平/垂直均 160 度），任意角度良好显示；超高刷新率，纳米级响应速度；安全低噪、稳定耐用，为用户提供超凡的大屏使用体验。

资料来源：数字孪生 智慧医院可视化决策系统[EB/OL]. (2021-01-28) . [2022-10-17].

<https://blog.csdn.com/net/asiafinance/article/details/113321674>.

行业动态

企业运用数字孪生技术推动生物医药领域发展

在医疗健康行业，无论是新药研发，还是为患者制定治疗或手术方案，都需要经过多轮验证和测试，这一过程不仅成本高、耗时长，甚至在某些情况下还行不通。数字孪生技术的出现，可以使这一流程变得更高效、更安全。从临床试验到护理再到外科手术，该技术让医疗健康的相关工作变得更高效、更个性化且更具预测性。根据 CB Insights 的数据，到 2025 年，全球数字孪生市场规模预计将达到 360 亿美元，随着更多新的医疗健康应用案例的出现，该技术或迎来重大发展机遇。

一、临床试验设计

临床试验包括两个研究组：实验组和对照组。其中，实验组由接受治疗的试验对象组成；对照组由接受无活性安慰剂的试验对象组成。平均而言，80% 的临床研究项目出现过注册延迟的情况，另有 20% 经历过没有招募到足够多志愿者的情况。寻找符合标准并愿意参与试验的患者对临床试验的开展来说是一项巨大的挑战，最终会影响到患者接受某些关键疗法的治疗时间。为试验参与者打造数字孪生，可以在一定程度上解决该问题。

初创公司 Unlearn.ai 是一家探索数字孪生技术的公司。该公司通过收集参与者的身体数据，创建数字孪生来作为对照组使用。这样可以让尽量多的参与者加入实验组，提升试验效率。2020 年 4 月，Unlearn.ai 获得了 1200 万美元的股权融资，用于加速数字孪生的临床试验。

专注于这一领域研究的公司还有 Novadiscovery 和 Jinkō，其中 Jinkō 主要使用数字孪生进行计算机模拟的临床试验，以探索各种药物靶标的有效性，加速对肺癌和乙肝等疾病的研究和治疗方案的应用。

二、医疗器械设计

对医疗器械制造商来说，设计符合个人生理构造的定制医疗设备是一个巨大挑战。一些企业正在开发器官和其他解剖结构的“数字模型”，以简化定制医疗设备的设计过程。

法国公司达索系统（Dassault Systèmes）使用磁共振图像（MRI）和心电图（ECG）测量结果开发了一种数字孪生模型，可以模拟人心脏的结构和某些生理

功能。该公司发起的“活体心脏项目”（Living Heart Project），成员单位包括美敦力、波士顿科学（Boston Scientific）和飞利浦等学术机构和行业公司。它们正在利用数字心脏模拟真实状况，将难以看到的解剖结构可视化，以开发更安全、更有效、更完善的心脏设备。

西门子医疗也在开发一种“数字心脏”系统。研究人员使用该系统的算法来最大程度地提高患者对心脏再同步治疗的反应。在一项研究中，心脏病学家在西门子数字心脏中植入了虚拟电极并产生电脉冲来模拟对患者进行心脏再同步治疗。如果在数字心脏上获得成功，就表明该疗法有望在患者身上成功。

初创公司 OnScale 也在利用数字孪生技术改善医疗设备的设计。这是一家由英特尔投资和谷歌旗下的 Gradient Ventures 共同投资的云工程仿真公司，目前已与生物仿真软件公司 LEXMA Technology 合作，共同开发了“数字双肺”模型，帮助临床医生预测新冠肺炎患者的通气需求。

此外，瑞士洛桑联邦理工学院（EPFL）和惠普合作推出了“蓝脑计划”（Blue Brain Project），旨在开发哺乳动物大脑的数字孪生（数字大脑模型）。

单个器官的数字孪生标志着医疗健康在向基于价值的系统转移，可以节省设备制造商和医生的时间和资源，让他们更专注于患者护理。

从长远来看，该领域的目标是创建整个人体的数字孪生。这对算力和数据存储提出了更高要求，相关技术必须进一步发展进步，才能处理人体解剖结构的复杂性。

三、药物研发

药物研发可能面临着很高的失败风险，一款成功的新药平均要花费 26 亿美元，从开始研发到面市平均至少需要 10 年。许多初创企业正尝试利用人工智能和数字孪生技术，通过识别成功率更高的药物靶点来加快这一过程。

DeepLife 将机器学习和数字孪生相结合，以识别新的靶标、生物标志物和潜在的候选药物。该公司还用计算机模拟基因组筛选，以帮助研究人员了解耐药性和敏感性。

另一家初创公司 Insilico Biotechnology 正在开发数字孪生软件，对制药过程进行更好的预测。目前，该公司与 Teva Pharmaceuticals 和葛兰素史克等生物制药公司展开合作，以优化生物药物的生产过程。

四、护理服务

数字孪生技术可以使用电子病历、疾病注册库和可穿戴设备等中的数据来创建患者的“数字模型”，随后医护人员就可以按需调取和查看患者的数据，以便为患者提供更好的护理服务。

Verto Health 公司推出了 Verto Flow 平台，通过机器学习技术集成和连接来自各种数据源的患者健康数据。根据患者所处的护理阶段，数字孪生技术可以将各种数据关联起来。这意味着医护人员能获取更多有价值的信息，帮助他们提供更快、更有效的护理服务。

另一家使用数字孪生技术改善护理服务的公司是 ThoughtWire。该公司提供的软件可以优化医院运营模式。其平台会模拟患者的健康状况，帮助医生预测患者何时可能出现紧急状况并发出提醒。如果软件发现某个患者模型出现心脏骤停的几率升高，就会提前通知医护人员留意。该软件还集成了医院地图和医疗设备追踪数据，以帮助医生协调资源。

GE 医疗和西门子医疗等行业领导者也已开始探索使用数字孪生技术优化护理服务。GE 医疗与医院开展了试点计划，旨在优化外科手术的时间表并简化人员配备。西门子医疗则选择与南卡罗来纳州医科大学合作，通过数字孪生技术模拟新的工作流程或医疗设备对医院效率的影响。

五、手术规划

手术是一个复杂而精细的过程。手术中一旦出现问题，很可能给患者带来不利甚至致命的后果，因此手术之前要经过细致的规划。许多公司正在探索如何在这方面应用数字孪生技术，比如通过建立解剖结构模型，帮助医生在实际操作之前模拟手术过程。

飞利浦研发的 HeartNavigator 通过 CT 图像来创建心脏的数字模型，可用于规划复杂的心脏手术，例如经导管主动脉瓣置换术。此外，该软件还可以将实时 3D 成像数据与由 CT 扫描构建的虚拟模型相叠加，从而更好地在手术过程中为医生提供指导。

另一家公司 Digital Orthopedics 也开发了足部和踝部的数字模型，允许外科医生模拟手术结果并优化手术计划，让患者获得更好的治疗。

资料来源：数字孪生推动智慧医疗建设[EB/OL]. (2022-04-15). [2022-10-17].

<https://new.qq.com/rain/a/details/20220415A06VB700>.

数字孪生技术在生物医疗中的机遇与挑战

数字孪生技术正在与生物医疗发生着碰撞，作为一项正在发展中的技术，如何更加适宜地被积极发展与应用，在此过程中，机遇与挑战并存。

一、发展机遇

数字孪生技术快速渗透进入生物医疗的最大优势在于资本的投入正处于上升期。据开源信息，数字孪生市场规模预计将从 2019 年的 38 亿美元增长到 2025 年的 358 亿美元。同时，已经有越来越多的观点认为：数字孪生技术是 2022 年医疗领域最重要的技术趋势之一，该技术有可能帮助医疗行业以更快速、经济的方式为患者提供治疗方案。当然，新兴技术的入场势必存在诸多风险与挑战。

二、风险挑战

数字孪生技术在生物医疗行业的一些挑战如下：

需要强大的 IT 基础设施：如果没有互连的、成熟的物联网基础设施，数字孪生将不具备任何效用以实现既定目标。

需要收集有用的数据：数据需要是无噪音的，数据流需要是恒定的、不间断的。如果数据较差且来源不一致，那么数字孪生就存在性能不佳的风险。

需要确保隐私和安全：为了克服这一挑战，数字孪生的关键支持技术——数据分析和物联网，必须是遵循实际、符合不断更新的安全和隐私法规。赢得并保持对该技术信任的最好方式是：需要在基础层面进一步讨论和解释数字孪生技术，以确保最终用户和所在机构了解数字孪生带来的好处和它存在的局限性，克服信任挑战。

管理期望值：讨论大家对于数字孪生的期望值，包括积极因素和消极因素，确保在开发数字孪生系统时采取适当的行动措施。

整合标准化建模：从初始设计到数字孪生仿真阶段都需要一种标准的方法，确保用户是能够理解的，同时确保开发和实施数字孪生的每个阶段之间顺畅的信息流。

考虑道德影响：数字孪生会加剧不平等。数字孪生可能不是每个人都可以使用的技术，在数字孪生群体中识别出的模式可能会导致孤立和歧视。因此，随着这项新兴技术不断成熟，你需要实施治理措施，包括确保数据使用透明度、衍生收益、数据隐私等。

资料来源：数字孪生技术在智慧医院建设中的思考和探索 [EB/OL]. (2022-08-27) .

[2022-10-17]. https://www.sohu.com/a/580374010_12118853.

典型案例

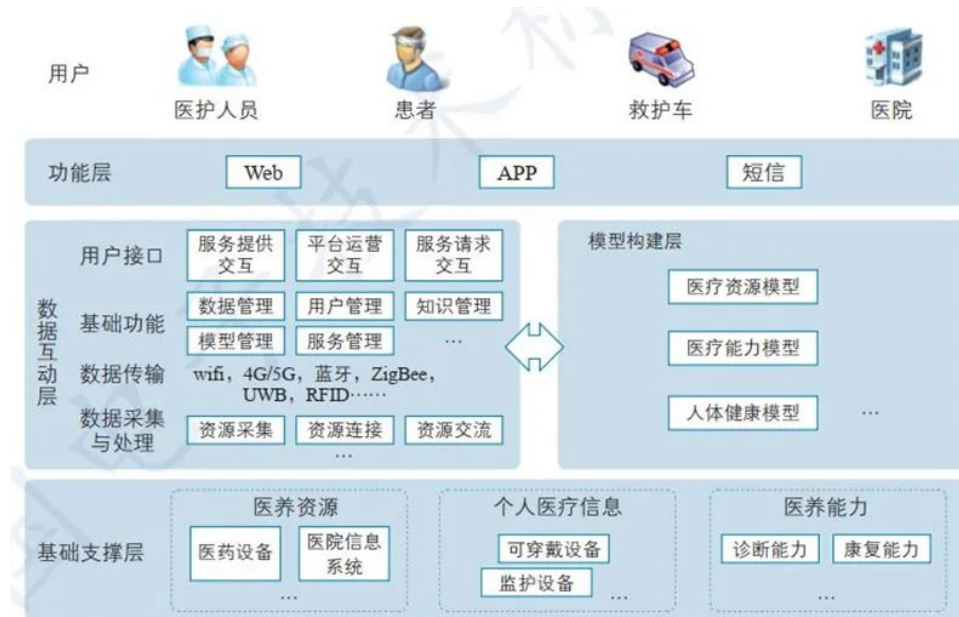
智慧医疗数字孪生应用框架——智慧医院信息化系统建设

将数字孪生应用在医疗健康系统中，可将患者的健康档案、就医史、用药史、智能可穿戴设备检测数据等信息上传至云端为患者建立“医疗数字孪生体”，并在生物芯片、增强分析、边缘计算、人工智能等技术的支撑下模拟人体运作，实现对医疗个体健康状况的实时监控、预测分析和精准医疗诊断。

北京智汇云舟科技有限公司成立于 2012 年，专注于创新性的“视频孪生（实时实景数字孪生）”技术研发与应用。公司依托自研三维地理信息引擎（3DGIS），融合建筑信息模型（BIM）、视频监控（Video）、人工智能（AI）及物联网（IOT）等多种技术，并在此基础上推出了“云舟披萨”低代码 PaaS 开发平台、实景孪生虚实融合一体机、行业解决方案等多个系列的产品。

凭借领先的技术基础，智汇云舟持续助力各行业数字化转型，以及推动产业协作的数字化升级。公司先后参与了许多重点项目建设，应用领域涉及智慧城市、智慧园区、数字乡村、轨道交通、军工、雪亮工程（平安城市）、司法监管、应急指挥、机场、工厂、学校、医院、场馆等全行业场景。

数字孪生应用智慧健康是指通过利用移动监测、移动诊室、无线远程会诊和医疗信息云存储等智能技术手段，以此提高诊疗效率，提升城市诊疗覆盖面与效率，促进城市医疗资源的合理化分配。将数字孪生技术应用在智慧健康中，构建其应用框架如下图所示。



该应用框架主要包含基础支撑层、数据互动层、模型构建层和功能层。

一、基础支撑层

基础支撑层主要是与患者相关的软硬件资源和医院信息系统。如：医疗设备包括 CT 机、磁共振成像和理疗设备等，以及与硬件配套的专业软件（如健康信息系统）。医疗信息包括一些可穿戴设备（血压计、心率监测仪）以及一些其他智能系统采集到的信息。可穿戴设备在医学领域的相关产品包括血糖监测仪、心电监测仪、胎心监护仪、心电仪、血压计等。

二、数据互动层

数据将医疗资源的数据进行收集、分类、整合为平台提供支持。在数据采集方面，通过 RFID 标签、二维码、传感器等技术识别物体及其位置。医疗资源、信息等数据通过 4G/5G 网络上传到云平台。采集的数据主要包括诊断数据、监测数据和历史病例数据等。进入数据池的多源异构数据进行整合后，将数据进行虚拟化、服务化处理，从而实现数据的输入输出。

三、模型构建层

基于数据互动层处理的数据，建立物理对象的虚拟模型，比如患者和医疗资源的医疗资源模型，医疗能力模型和人体健康模型。这些孪生模型和物理实体进行实时数据交互，从而实现物理设备、虚拟模型、云健康系统的全要素、全服务、全流程的数据集成和聚合。

四、功能层

数字孪生智慧健康可通过手机、PC 终端、医疗系统和专用设备进行应用。如：微信推出“服务号”功能，患者可以通过医院的微信服务号进行诊疗卡办理、预约挂号、全流程缴费等，大大减轻了医院的接诊压力，提高了管理效率。基于微信平台，提供在线问诊功能，方便患者开药检查。医疗机构通过获取患者信息，向患者发送健康建议，并进行资源分配模拟。为患者提供实时监控、危机预警、医疗指导等服务。第三方软件使第三方医疗服务机构、政府获取计费信息，保证医疗服务费用支付安全、快速支付等相关功能。

除了上述功能，数字孪生应用智慧健康平台还需要标准和系统规范模块，保证医疗信息实现跨应用、跨系统、跨平台的共享。这是为了保证医疗保健数据收集、数据共享和交换以及应用程序服务管理的标准化。

资料来源：智慧医疗健康领域数字孪生应用框架[EB/OL]. (2021-12-14) . [2022-10-17].

<https://blog.csdn.com/net/asiafinance/article/details/124969923>.

数字孪生助力医药生产制造异地协同管控

该案例将从应用背景、方案简介及应用成效 3 个方面阐述。

一、应用背景

为加强医药集团总部具体业务管控力度和提高生产的整体灵活性，需要将原来的分布式工厂生产模式调整为异地协同统一平台集成进而实现集体管控。基于工业互联网的数字孪生成为工厂实现智能生产、经营活动和有效集成、优化运行、优化控制与优化管理的桥梁和纽带，通过多系统信息流、异地工厂协同实现从单个设备、单个工艺、单个企业向全要素、全流程、全业务信息全集成，实时感知各个生产基地/工厂运行状况，提升效率和质量，降低成本。

二、方案简介

为充分全面掌握医药制造企业生产业务情况，构建数字孪生数字化工厂及运维平台，依托统一的数据标准，采集医药制造企业人员、设备、物料、方法、环境（简称人、机、料、法、环）等要素的数据，并对数据进行归集与标签化，在信息空间中建立数字工厂的镜像，实现数字孪生体与实时生产过程管控，设备运行状态管控、过程质量管控和物料管控同步。通过建立统一数字孪生平台，五大应用服务涵盖车间数字孪生平台、设备周期管理、运维监视中心、远程智能运维

虚拟和培训等，来打通数据流、信息流、实现深圳、安徽和四川三地车间工业生产数据全要素、全流程、全业务的集成式管控，提高生产过程管控优化和各业务资源优化配置。

三、应用成效

为推动企业各环节信息的互联互通和数据共享，通过多系统信息流实现异地工厂信息全集成，时刻感知工厂运行状况，进行智能化的决策和调整，提升效率和质量，降低成本。通过运用数字孪生技术，医药制造企业实现对生产运营状况的感知、优化和产能调配，生产效率提高20%；通过资源优化，运营成本降低20%。

资料来源：数字孪生技术应用白皮书（2021）.[EB/OL]. [2022-10-17].

<https://www.xdyanbao.com>.

