

论数字人体—人体系统数字学

□毕思文* (中国科学院遥感应用研究所遥感科学国家重点实验室 北京 100101)

摘要: 本文概述了“数字人体—人体系统数字学”提出背景,阐述了数字人体与数字化虚拟人的区别;从数字人体信息获取、信息处理和数字人体系统模型与计算方面介绍了数字人体方法体系。作者重点阐述了数字人体理论和数字人体原型和模型;较全面地介绍了数字人体技术及其应用,并简述了数字人体微观研究—量子人体和量子人体中远红外实验研究。

关键词: 数字人体 原型与模型 技术方法 实验

一、数字人体提出背景

1. 医学科学技术创新发展的需要

现代医学的发展,需要更加完整、清楚了解人体的科学,数字人体为其研究提供了非常好的方法和手段;使过去认为不可能进行的、结构复杂的人体系统过程实验成为可能,它不仅可对未来的事件或过程进行实验,而且还可对已经发生过的人体系统过程进行反演实验。数字人体将改变医学医疗方式,它将在医学研究、临床应用和教育等领域展现广阔的前景。

中医学是我国医学科学特色,是中华民族优秀文化及世界传统医学的重要组成部分,是中华民族几千年来防病治病经验的结晶,是具有中国特色的生命科学。21世纪,传统医学的发展进入了新阶段,中医药现代化成为科学目标。认为,中医药现代化首先应当人体系统数字化,抓住中医症候、中医

方剂和针灸原理三个关键问题,开展数字人体中医药工程研究,为中医药现代化与国际化奠定基础。

2. 智能科学与技术的需要

21世纪人类全面进入信息时代,信息要将转化为现代的智力工具。人类对智能化的追求导致“智能革命”。在智能革命中,人工智能是核心。人工智能是计算机科学的分支,是一门研究机器智能的学科,即用人工的方法和技术,研制智能机器或智能系统来模仿、延伸和扩展人的智能,实现智能行为。经过40多年的研究,人工智能的研究成果可以归纳为符号智能、计算智能和人工生命等方面。

综上所述,人工智能在科学计算等领域应用虽取得了一定的进展和很多成果,但还存在这样或那样的不足。因此,作者从人体复杂系统层次模型出发,提出了“数字人体方法”,试图把人体系统模型作为智能计算模拟人机器,通过与环境交互,实现智能行为。使数字人体的研究将信息科学和生命科学结合起来,使数字人体方法成为智能科学与技术研究的新途径。

收稿日期:2004-12-01

修回日期:2005-01-16

* 联系人:毕思文,研究员,本刊编委,中科院理学博士,北京大学和清华大学双博士后,研究方向:地球系统科学,量子遥感,数字人体—人体系统数字学, Tel: 010-64889544, E-mail: bisw@irsa.ac.cn。

基于数字人体方法的智能科学与技术的概念是：“以人体系统为原型，以数字人体—人体系统数字学等学科基础理论为理论基础，来研究人类智能行为的本质；并用智能机器和其他高新技术等方法手段来模拟人类和生物智能，实现各种智能系统的科学。”也称数字人体方法。

3. 人类工程活动的需要

由于数字人体——人体系统数字学研究的对象是活人，那么他在人工工程活动的应用前景是不言而喻的，在此仅举几例说明。比如用于临床可提高医疗和疾病预测预防水平，可增强人体健康，延长人的寿命；用于体育竞赛的训练，可有效提高运动员的训练水平和竞技状态；用于工程技术，可对数字人体进行模拟、延伸和拓展，创造出具有人类特征的人造生命系统，如拟人机器人，娱乐机器宠物等；用于人与环境的关系研究，可通过综合各种环境气候信息预测流行疾病的发生概率和流行趋势；用于影视创作，可使虚拟演员的动作更逼真、形态更生动。另外，还可用在汽车、建筑、航天航空、矿山、水利、服装、生物和农业等各类人类工程活动的需要。

4. 科学数据共享的需要

以数字人体空间信息基础设施建设为目标，提高数据共享能力、信息流畅，系统互操作程度高；提高抗灾应急的社会效率，及早减少疫情影响，尽快完善应对公共卫生危机的三个机制：预警机制、快速反应机制和信息披露机制，建立统一的公共卫生事件应急系统平台体系势在必行。

“数字人体”是一项复杂的系统工程，其中有许多共性问题，也存在许多区域性和具有本国特征的特定需求和环境，需要大家进一步探讨，求同存异，平等互利，友好合作，这是合作开发“数字人体”的前提。考虑到从全球到地区的不同角度的需求，应该为“数字人体”提出一个统一的、多层次的科学框架结构；商定自主开发与全球共建共享的科学数据规范、源数据标准和信息交换协商；建立全球性的网络连接，以保障全球性的人体观测数据的提供与定期更新等。为合作研究开发“数字人体—人体系

统数字学”、共享全球人体系统科学数据资源而共同努力。

二、数字人体与数字化虚拟人的区别^[1]

“数字人体”与当前的“数字化虚拟人”、“虚拟人”和“可视人”在研究思路和研究内容上有着本质的区别。首先，数字人体的研究对象是活人，是建立在多时空、动态的人体系统为研究对象，以人体时时观测、网络和计算机信息处理为主体的技术系统。而“数字化虚拟人”或“虚拟人”等研究的对象是死人，是将尸体用刀切削为成千上万个人体切片，然后照相，在电脑里对其进行整合，重建人体三维结构。形象地说，也就是将尸体切片“擦”起来，成为一个“数字化”的人形。按照国外“数字化虚拟人”研究专家的设想，该研究包括虚拟可视人、虚拟物理人和虚拟生物人3个研究层面，目前做的工作是虚拟可视人。当然，不同虚拟人会取得不同的结果，但无论是虚拟什么人，它研究的立足点是死人。所以，得到的研究结果有很大的局限性，与利用活人作为立足点研究的数字人体有着很大的差异性；这是“数字人体”与“数字化虚拟人”本质上的区别，如果说有联系，也只是在数字化虚拟技术上。另外，数字人体也做数字化虚拟人体的研究，目的是为了解人体系统在某一时间、空间尺度的情况，就需要这种技术。但他的立足点还是活人。

美国在世界上最早开始进行虚拟人的研究。1989年，美国国立医学图书馆(NLM)发起“可视人计划”(VHP)，采集人体横断面的CT、核磁和组织学数据，目的是利用计算机图像重构技术为建造虚拟人体做准备。从1991年开始进行人体切片的数据库建设。1994年，美国科学家将一具男尸切成1878个横断面(每片厚度1mm)；1998年，又将一具女尸切成5190个断面(每片厚0.33mm)。2000年8月，美国研究人员推出超高分辨率化数据集，其每一个切片文件为32MB，整个数据集容量在200GB以上。在可视人数据集的基础上，2000年美国科学家建立了全身皮肤、肌肉、骨骼和心脏等部分器官的三维模型。这样庞大的数据集在人类医学史上是首创，它

改变了医学可视化的模式,为虚拟世界进入现实医学敞开了大门。为了进一步完善和接近真正的人体实况,美国正在建造第二代有物理性能的虚拟人体和第三代有生理功能的虚拟人体。美国国防部已将虚拟人体研究列为非致命武器研制组成部分。

日本从2002年开始实施“虚拟人体计划”。这项计划准备用10年时间,以数万人为对象,进行人体数据调查,收集从儿童到老人的各类身体数据。到2010年完成以7岁至90岁的3400人为对象的人体178个部位的测定,制定出日本的人体标准数据。目前,日本京华医科大学利用CT和MRI影像技术建造了“日本可视人”。

继美国VHP之后,韩国也已经启动可视韩国人计划(VKH),准备完成4个人体的测试,2000年报道了其中第一例男性尸体的切片工作,其切片间距为0.2mm,共有9000个断面。其数据量为210GB。

德、法、英等国的虚拟人研究侧重点各有不同,英国的研究侧重于用虚拟人模拟药物在人体中的作用机制,这样一方面可以减少从实验室到动物再到临床应用的时间,另一方面还可取代人体进行药物初测,以避免药物对人体造成的可能损害。

2001年11月,在第174次香山科学会议提出我国数字化虚拟人体研究的规划和建设。这次研讨会后,“数字化虚拟人体若干关键技术”和“数字化虚拟人体模型构建及海量储存”列入国家高技术研究发展计划“863”项目。

2003年2月18日,据报道,我国第一军医大学宣布完成了国内首例女虚拟人的数据采集,获得8556个切片,片层间距仅0.2mm。在广州第一军医大学采集完成“中国虚拟人女1号”原始二维图像数据的基础上,首都医科大学课题分组目前已初步完成对该虚拟人体整体形态的三维重建,其中包括骨骼系统及女性生殖系统如卵巢、输卵管、子宫等的重建。取得了经验和成果。

2003年4月2日在中国数字化虚拟人女性1号实验数据集获取的攻关中,我国科研人员在完成世界首例数字化虚拟人男性血管全身灌注和标识实验的基础上,又将这一创新技术用于女性虚拟人数

据集实验。这标志着中国科学家在数字化虚拟人体研究中取得新的进展。

2003年5月7日第三军医大学数字化可视人体研究组完成的我国首例男性数字化可视人体数据集采集,与国内外同类研究相比,这一例数字化可视人体的5项指标创下了世界第一。一是全身切片总数达18200片,国内外同类研究报道为数千片,在切片总数上提高了一个数量级。二是全身切片厚度均为0.1mm,比国内外同类研究报道的0.2mm的切片精度提高了1倍。三是断面图像数码摄影分辨率为1100万象素,而同类研究最高像素为600多万。四是每个断面图像文件大小为62.8兆字节,总数据量达1143千兆字节,这是迄今为止国内外数字化可视人体研究方面所获得的最大数据量。五是灌注血管标识精度比已有报道提高了2至3倍,能清晰显示管径为0.2mm的小血管。

2003年4月,NIH和美国国会正式采用数字人名称;这时,中国从事“数字化虚拟人”和“可视人”的部分专家也改称为“中国数字人”,开始用作者提出的“数字人体”了。

综上所述,数字化虚拟人在构成人体形态学信息研究的实验平台,为医学、生命科学等的研究和应用可提供基础和参考,但是定性的、线性的;与实际人体系统相差甚远。因为,人体是一复杂巨系统,是由100多万亿个细胞组成的复杂整体,仅人的神经系统就约有1000亿个神经元。而且,由细胞构成的组织、器官间的相互作用,人体与外界环境的冲突与和谐,这些极为复杂人体系统的变化,数字化虚拟人是无法实现的。

此外,数字人体研究所涉及的动态医学图象处理与分析是精确的定量研究,无论是人体系统结构的精确重建,还是人体器官、组织状态及与周围器官、组织的关系等,都需要涉及大量的数据和复杂性的计算,这也是数字化虚拟人所无法实现的。所以,基于上述,基于科学技术和人类社会发展的需要,提出数字人体—人体系统数字学是有重要的理论和实际意义。实事求是的讲,这应该是中国人提出的,是一种原始性创新。

三、数字人体方法^[1,2]

在数字人体提出背景和数字人体的研究思路、基本概念、研究对象、研究内容、研究的任务、作用和意义及研究体系框架的基础上,研究方法主要有数字人体信息获取、数字人体信息处理、数字人体系统模型与计算。

1. 数字人体信息获取

在CT、X线、B超、核磁共振等医学影像信息技术基础上,遥感信息获取技术等将随着数字人体研究的需要成为一项新技术来应用,提供人体重复性的、连续地观测数据,这些数据可用于对人体系统作为一个整体进行理解。遥感观测和复杂的计算机模拟在研究数字人体时将发挥不可替代的重要作用。20世纪90年代以来,该技术在理论上,从定性发展到半定量、定量,从分散发展到集成;在技术上,已由可见光发展到红外、微波,从单一波段发展到多波段、多极化(偏振)、多时相、多模式、从单一遥感器到多遥感器的结合;在应用上,与信息系统技术的融合、渗透和统一,形成新型的人体信息观测系统。

2. 数字人体信息处理

在数字人体研究中,至少在模拟、大型数据库和流水线图像处理需要超级和巨型计算机。因为人体系统过程的模式需要很大的输入数据场,信息是海量的;包含大量的网格点,且要由很大的程序码来运转,必须在超级和巨型计算机上运行才能求得满意的结果。如日本的模拟器巨型机,计算速度超过每秒4万亿次,为2002年全球500强之首。

数字人体还需要极大的数据库,需要专用的超级计算机。此外,几个辐射通道上的高分辨率图像(106~107个像素)的数字化组合和处理也需要很强的计算机能力。但是,仅用超级和巨型计算机不能满足数字人体研究的需要,还需要与高性能的工作站相结合。

3. 数字人体系统模型与计算

适用于数字人体不同层次和不同学科分支的系统方法主要有:数字人体研究方法的哲学基础;还

原论与整体论相结合;定性描述与定量描述相结合;确定性描述与不确定性描述相结合;系统分析与系统综合相结合;模型与原型;数学模型;计算机的模型。

四、数字人体理论^[1-4,10]

1. 人体系统的分类与层次

人体系统是一个非常宽泛的概念,它几乎包括了人体系统的所有客观实在。对于一般人体系统性质、特点的研究通常属于方法论、一般哲学的内容,这种讨论很难得到具体结果,而后面我们所讨论的内容几乎都是针对某类具体系统的,因此在我们涉及具体人体系统之前要将所有人体系统分类,并在后面的讨论中注意不同理论所适用的人体系统。人体系统是按照研究问题的方法,按照它们子系统之间的相互作用特点等进行分类。

(1) 按是否有人参与人体系统的形成分为自然系统和人造系统两类;

(2) 按人体系统与环境的的关系分为孤立系统、开放系统和封闭系统三类;

(3) 按人体系统内子系统之间相互关系分为线性人体系统和非线性人体系统两类;

(4) 按人体系统的状态与时间的关系分为静态人体系统和动态人体系统两类;

(5) 按人体系统演化规律的特点分为确定性人体系统和随机人体系统两类;

(6) 按人体系统构成的复杂程度、分析求解方法的复杂程度可将系统分为简单人体系统和复杂人体系统两类。

(7) 人体系统的层次性:人体系统的层次性是人体系统的重要特征。一个系统是否复杂,主要不是由构成它的子系统数目的多少决定的,而是由它所具有的层次性决定的。

2. 人体系统的连续动态系统

线性人体系统与非线性人体系统是基于人体系统的数学性质给出的人体系统分类,既适用于静态人体系统,也适用于动态人体系统。在人体系统数学中,迄今真正成熟的主要是线性人体系统理

论。但人体系统数字学重点研究非线性人体系统，是处理数字人体非线性问题的一种方法论。主要研究内容有：线性动态人体系统；非线性动态人体系统；轨道、暂态、定态；人体系统稳定性；吸引子与目的性；周期运动与回归性；人体系统的分岔；人体系统的突变；人体系统的连续混沌；过渡过程特性。

3. 人体系统的离散动态系统

在 4.2 中研究的人体系统状态变量均为实数，并在连续变化的实数时间框架中，用连续动力学系统模型分析、描述人体系统的存在和演化的种种性质，如吸引子、稳定性、混沌、分岔与突变。而人体系统的离散动态系统，主要研究人体系统的离散混沌，元胞自动机、布尔网络、L-系统等几种自动器网络模型，以及遗传算法。这里涉及的离散动态人体系统实际上包含两类，一类是把人体系统的连续时间进行离散化，即把时间当作迭代的步骤（时间间隔相等）或一次逻辑转移（时间间隔可能不相等），状态变量仍为连续的；另一类是状态变量的离散化，离散型状态变量不论是数字的还是符号的，它们都只具有逻辑代数和结构。

4. 人体系统的随机性

随机性是复杂人体系统的重要特征之一，人体系统演化在开放条件下，除用非线性方程描述外，常常还采用非确定性方程来描述。必然性和偶然性，现实两者都需要，本节将在随机过程和随机涨落基本概念基础上，介绍描述随机过程的主方程和福克尔—普朗克(Fokker-Planck)方程、随机网络模型以及它们的应用实例。

5. 人体系统的自组织

自组织是数字人体—人体系统数字学的一个重要概念，它是人体复杂系统演化时出现的一种现象。在本节，作为概念，我们分析其与他组织的联系与区别，作为复杂人体系统演化时出现的现象，我们讨论自组织过程前后系统状态的特点，分析如何用有序、无序来标识它们；我们讨论研究自组织现象的理论—自组织理论，我们也对自组织现象进行分类、规范，以使人们对人体系统演化的这类新的现象有一个全面、准确的了解。

6. 人体系统的简单巨系统

前面已经讨论过，数字人体—人体系统数字学从人体系统局部与整体的关系出发研究人体系统，并按复杂程度将人体系统分为 4 类：简单人体系统、简单人体巨系统、复杂人体巨系统、特殊复杂人体巨系统。我们认为这中间简单人体巨系统是我们研究的基础和起点。自组织理论给研究人体的简单巨系统提供了很好的工具。

7. 人体系统的复杂巨系统

本节主要讨论人体系统数字学的复杂人体巨系统理论。

鉴于人体系统的复杂性，我们就几类特殊的复杂性来分别说明这个原则。在数字人体研究中，应做到：

- (1) 把人体系统的非线性当作非线性处理。
- (2) 把人体系统的远离平衡态当作远离平衡态处理。
- (3) 把人体系统的混沌当作混沌处理。
- (4) 把人体系统的分形当作分形处理。
- (5) 把人体系统的模糊性当作模糊性处理。

组分数目多到巨型规模，就使人体系统的整体行为相对于简单人体系统来说可能涌现出显著不同的性质。人体巨系统是一个新的科学概念，代表人体系统思想的新高度，一种新的人体系统观点。对象性质的不同必然要求不同的研究方法。人体巨系统问题要求建立人体巨系统理论和方法。

8. 数字人体学科分支

数字人体—人体系统数字学按照学科门类分为 8 大类 18 个学科。这 8 大类是：数字人体方法、数字人体理论、数字人体原型、数字人体模型、数字人体技术、数字人体工程、数字人体应用和数字人体微观研究—量子人体。

五、数字人体原型^[1,2]

数字人体原型—人体系统，主要研究内容包括人体系统物质组成、人体系统动力学特征、人体系统骨骼框架、人体系统结构特征、人体系统经络变化、人体系统流体规律、人体系统活动响应和人体

系统管理决策等。

1. 数字人体原型的概念

人体系统是数字人体的原型。也就是说,研究对象的实体称为原型。给对象实体以必要的简化,用适当的表现形式或规则把它的主要特征描绘出来,这样得到的模仿品称为模型。

2. 人体系统的系统、结构、层次

(1) 人体系统。

人体系统的第一个特点是多元性,人体系统是多样性的统一、差异性的统一。存在有差别的多个事物,才可能在一定条件下出现整合成为一个系统的要求。组分的多样性和差异性系统是“生命力”的重要源泉。定义中人体系统的第二个特点是相关性或相干性,系统中不存在与其他元素的孤立元素或组分,所有元素或组分都按照该系统特有的、足以与别的系统相区别的方式彼此关联在一起,相互依存,相互作用,相互激励,相互补充,相互制约。

(2) 人体系统的结构与子系统。

人体系统的结构一般情况下,应注意从以下两方面对系统作结构分类:

① 框架结构与运行结构 当人体系统处于尚未运行或停止运行的状态时各组分之间的基本联结方式,称为系统的框架结构。人体系统处于运行过程中所体现出来的组分之间相互依存、相互支持、相互制约的方式,称为人体系统的运行结构。

② 空间结构与时间结构 组分在空间的排列或配置方式,称为人体系统的空间结构(spatial structure)。组分在时间流程中的关联方式,称为人体系统的时间结构(temporal structure)。有些系统主要呈现空间结构,有些系统主要呈现时间结构,有些系统兼而有之,后者称为人体系统的时空结构(space time structure)。

(3) 人体系统的整体与涌现性。

整体与部分是人体系统科学的一对重要范畴,人体系统数字学着眼于考察人体系统的整体性(wholeness)。

就人体系统自身看,整体涌现性主要是由它的组成成分按照系统的结构方式相互作用、相互补

充、相互制约而激发出来的,是一种组分之间的相干效应,即结构效应、组织效应。不同的结构方式,即组分之间不同的相互激发、相互制约方式,产生不同的整体涌现性。

整体涌现性是由规模效应和结构效应共同产生的,一般来说起决定作用的是结构效应。不论自然界自行组织而成的人体系统,还是人工组建、制造的系统,涌现与系统整体总是相伴而生,一旦形成系统立即涌现出特有的整体特性,系统解体立即丧失其整体特性。

(4) 人体系统的层次。

人体系统的层次性是人体系统的重要特征。一个系统是否复杂,主要不是由构成它的子系统数目的多少决定的,而是由它所具有的层次性决定的。

人体系统在不同层次上会体现出不同的特点,人体系统各个层次之间的性质有着紧密的联系,但是不能简单地认为一个层次上的性质是由下一个层次上的性质推出来的,一般系统各层次之间不存在通常的叠加原理。一个复杂的人体系统在由下一个层次组成上一个层次时,人体系统会涌现(emergence)出新的性质。研究人体系统性质必须要指明是在哪一个层次上,在不同层次上采用的方法会不同,所得到的结果也会有差异。

3. 人体系统的环境、行为、功能

(1) 人体系统的环境。

一个人体系统之外的一切与它相关联的事物构成的集合,称为该人体系统的环境(environment)。更确切说,系统S的环境E是指S之外一切与S具有不可忽略的联系的事物集合,即(3.1)。

式(3.1)表明,人体系统的环境只能在相对的意义确定。在不同的研究目的下,或对于不同的研究者,同一人体系统的环境划分也有不同。

(2) 人体系统的边界。

把人体系统与环境分开来的东西,称为人体系统的边界(boundary)。从空间看,边界是把系统与环

式起作用的最大范围。

(3) 人体系统的开放性与封闭性。

人体系统与环境的相互联系、相互作用是通过交换物质、能量、信息实现的。人体系统能够同环境进行交换的属性称为开放性 (openness), 系统阻止自身同环境进行交换的属性称为封闭性 (closeness)。这两种性质对系统的生存发展都是必要的。

按照人体系统与环境的区别, 可以把人体系统分为两类。与环境有物质、能量、信息 (或者至少其中之一) 交换的是开放系统, 与环境没有任何交换的是封闭系统。实际人体系统或多或少都同环境有交换, 因而都是开放系统。但有些系统与环境的交换极其微弱, 可以忽略不计, 看作封闭系统。

(4) 人体系统的行为。

人体系统相对于它的环境所表现出来的任何变化, 或者说, 系统可以从外部探知的一切变化, 称为人体系统的行为 (behavior)。行为属于系统自身的变化, 是人体系统自身特性的表现, 但又同环境有关, 反映环境对人体系统的作用或影响。

(5) 人体系统的功能。

人体系统行为所引起的、有利于环境中某些事物乃至整个环境存续与发展的作用, 称为人体系统的功能。被作用的外部事物, 称为人体系统的功能对象。功能是人体系统行为对其功能对象生存发展所做的贡献。

4. 人体系统的状态、演化、过程

(1) 人体系统状态。

状态 (state) 是人体系统数字学常用而不加定义的概念之一, 指人体系统的那些可以观察和识别的量、态势、特征等。

人体系统的状态量可以取不同的数值, 称为状态变量 (state variable)。最简单的是可以用一个状态变量描述的系统, 一般系统需要同时用若干状态变量来描述。给定状态变量的一组数值就是给定一个人体系统状态, 不同组的数值代表人体系统的不同状态。

(2) 人体系统的演化。

人体系统的结构、状态、特性、行为、功能等随着时间的推移而发生变化, 称为人体系统的演化 (evolution)。演化性是人体系统的普遍特性。只要在足够大的时间尺度上看, 任何人体系统都处于或快或慢的演化之中, 都是人体演化系统。

(3) 人体系统控制。

在人体系统演化中对人体系统的控制是最重要的, 研究人体系统的演化不论是对自然系统还是对人造系统, 控制都是要研究的中心问题。对于人体系统, 我们力图揭开某一类人体系统演化的规律, 实质上就是寻找在一定环境条件下, 在人体系统内部一定相互作用下系统演化的规律。同样的人体系统, 外界环境不同其演化特点也不同, 外界环境就是对人体系统演化的控制, 研究外界环境与系统演化之间的关系就是讨论控制与演化之间的关系。对于人造关系, 我们构造人体系统有一定的目的, 研究如何使人体系统的行为能够达到我们的要求, 使人体系统按照我们希望的轨迹去演化, 就是要提出一种确定的控制方式与实施控制的步骤。从数字人体的角度来看, 对人体系统演化的控制可以分成两类, 一类是传统控制, 一类是自组织控制。传统控制通常指在控制理论与实践研究开始阶段。

(4) 人体系统与过程。

只要观察的时间尺度足够大, 就可以看到任何人体系统都是作为过程而展开的。凡演化都是过程, 包括人体系统的发生过程, 发育过程, 相变过程, 老化过程, 消亡过程等。人体系统的生存延续, 人体系统的运行, 人体系统功能的发挥, 都是作为过程而进行的。在这个意义上, 凡系统都应作为过程来研究。但是, 在每种具体情况即特定的时间尺度下, 有些系统变化显著, 必须作为过程来考察, 有些系统几乎看不到明显的变化, 作为过程看待反而显得牵强, 不利于抓住人体系统的主要特征。

研究过程, 时间是一个至关重要的因素。过程是在时间维中展开的。时间是一种算子, 一切事物都是它的运算对象, 在时间算子作用下发生变化。

5. 人体系统的稳定性

为了掌握人体系统理论中这一基本概念, 讨论

三种既有区别又有联系的人体系统的稳定性,它们是人体系统的状态稳定性(又称解的稳定性)、轨道稳定性、结构稳定性。

状态稳定性是人体系统局部的性质,是人体系统对初值扰动依赖的敏感程度。结构稳定性是讨论人体系统整体结构的变化,讨论人体系统对参数的依赖关系。参数改变时,一般会引起人体系统结构的变化,人体使系统呈现为增加或减少自由度等。结构稳定性要讨论当系统参数变动时,系统结构变化还是不变化。

人体系统结构稳定性通常靠分析人体系统定态解的稳定性来判断。当人体系统存在多个定态解时,有的定态解是稳定的,有的是不稳定的,这些稳定的与不稳定的定态解的集合形成人体系统一种结构。当参数改变时,人体系统定态解的个数及其稳定性会改变,也就引起了人体系统结构稳定性的改变。我们利用人体系统的状态稳定性来分析人体系统结构的稳定性,利用人体系统的局部性质来讨论人体系统整体的性质,这也正是人体系统数字学研究问题的特点,即分析整体与局部的关系。

稳定性是讨论人体系统演化状态性质的重要内容,对人体系统的任何状态都可以讨论其稳定性。

6. 非线性与分岔

主要从研究人体系统的基本性质出发分析非线性概念的定义、本质特点,以及在研究非线性人体系统演化方程中,如何处理人体系统由此而发生的质变等基本问题。

人体系统中的分岔,也称分歧(bifurcation),是我们分析人体系统演化的主要内容,它研究带参数的动力系统,随参数变化时,定态解个数发生变化的现象。定态解个数发生改变对应的参数值称为分岔点,人体系统数字学主要研究分岔点出现的充要条件、在分岔点附近解集的构造、对分岔点局部的了解能否得出有关解集的整体性结论等等。

六、数字人体模型^[5,6,10]

1. 数字人体物质模型

在数字人体——人体系统数字学研究中,人体

系统的物质模型是非常重要的,它是研究数字人体的物质基础。主要研究内容有:头部系统;颈部系统;胸部系统;腹部系统;盆部与会阴系统;脊柱区系统;肢体系统;神经系统;感觉器官系统和经络系统等。

2. 数字人体力学模型

围绕着数字人体物理模型的几何学、运动学和动力学特征,数字人体力学模型主要有数字人体多体系统力学模型;数字人体非完整系统力学模型;数字人体变质量系统力学模型;数字人体碰撞系统力学模型;数字人体破坏系统力学模型;数字人体流体系统力学模型;数字人体极端系统力学模型和数字人体突变系统力学模型等。

3. 数字人体数学模型

数字人体的数学模型主要由数学和计算机来实现。主要研究内容有:计算应用学科;计算方法;科学可视化。围绕着数字人体研究内容,主要从数字人体的数论分析;数字人体的非线性微分方程;人体动力系统的稳定性;数字人体的并行算法设计与分析;数字人体的自适应;数字人体的随机系统;数字人体的计算几何;数字人体的数值逼近和数字人体的排队论9个方面来构建数字人体的数学模型。

4. 数字人体信息模型

数字人体基础理论中的信息模型是有关人体系统能量流、物质流、信息流和人流的性质,时空变化特征和运动状态的表征与认识,它是依附于能量流、物质流和人流而存在的。是对人体系统信息的机制、信息产生、信息获取和处理方法以及信息传播规律等进行研究。具体是从研究人体系统信息机制入手,从信息流的角度,探讨人体系统信息的结构和性质、人体系统信息的认识和分类、人体系统信息的获取与处理和应用基础理论等。

人体系统过程的动力机制,人体系统的物质流、能量流及其所产生的信息流的形成机制与模型,是人体系统的基础理论。产生物质和能量流的动力机制的理论是:人体系统的差异性与非均衡理论、耗散结构理论和引力场理论;而物质流和能量流又成为信息流产生的基础理论。主要研究内容包括:人

体系统的物质流和能量流；人体系统的信息模型；数字人体空间的认知模型与信息图谱；人体系统空间场的信息特征；人体系统的全息信息与记忆信息模型。

七、数字人体技术^[7,8,10]

1. 数字人体新技术

数字人体的新技术主要有：遥感（RS）、地理信息系统（GIS）、全球定位系统（GPS）3S 技术、网格计算和数值模拟计算对数字人体进行阐述，它们既是数字人体的新技术也是核心技术。

2. 数字人体技术方法

关于数字人体的技术方法，主要有：地理信息的互操作与 Open GIS 规范、海量数据的快速处理与存储技术、高速计算机信息技术、超媒体与分布式空间信息系统技术、数字人体地理信息的分布式计算、数字人体数据的无级比例尺信息综合技术、数字人体的空间数据仓库、空间数据仓库模型与数据挖掘理论研究、数字人体多种数据的融合技术、数字人体的新技术和数字人体的虚拟与仿真技术等；还包括医学上的 CT、MRI 和 X 线、四维超声成像、多种成像方式混合成像技术以及彩色图片等。

3. 数字人体空间信息基础设施

数字人体信息的基础离不开空间信息基础设施。研究与人类活动空间有关的信息科学就构成数字人体空间信息科学，它包括数字人体空间信息的获取、存储、传输、处理和应用。空间信息技术包括遥感、GIS、GPS 以及卫星通信技术等内容。信息社会的最直接见证：以 Internet 和 WWW 为主要特征的信息基础设施正在改变人们的生活方式，信息网络是数字人体研究所不可缺少的重要技术，网络技术在数字人体研究过程中的海量信息处理和分析中起着非常重要的作用。

4. 数字人体信息标准化体系

数字人体是当前医药信息学研究的热点之一。信息标准已经成为数字人体研究面临的首要问题。医院信息系统因为业务流程不统一、共享数据无标准、医学术语不规范等原因造成低水平重复开

发、系统难以移植推广、数据难以共享分发。从长远来看，数字人体信息平台开发和其他电子病例、医学图像系统和远程医疗的发展需要加强医院信息化标准的建设。

八、数字人体应用^[10]

在“数字人体—人体系统数字学”理论体系研究构建的基础上，也开展了应用示范研究。如：数字人体、人脑建模；数字人体信息获取；数字人体信息处理；数字人体与中医药工程；数字人体可视化技术在抗击 SARS 中的应用和数字人体微观研究的中远红外实验等。

九、数字人体微观研究—量子人体^[9-10]

在数字人体—人体系统数字学研究的基础上，又开展数字人体的微观领域—量子人体研究，主要内容有：量子人体研究方法；量子人体基础理论；量子人体机理模型；量子人体研究领域和量子人体中远红外实验研究等。

附：量子人体中远红外实验研究。

红外光是靠分子振动—转动跃迁辐射引起的，而中远红外的研究对研究人体微观机理有很大的帮助，在量子人体光谱的精细结构分析中，中远红外光谱分析是一个非常重要的组成部分。

1. 实验过程

在本次实验中，我们每组样本都选用了 9 个不同的分辨率（0.125, 0.25, 0.5, 1, 2, 4, 8, 16, 32nm）的光谱来进行比较。

为了更好地研究量子人体的光谱，确定选用傅立叶变换光谱仪。

2. 实验结果

在 9 个不同分辨率的光谱曲线叠加中，分辨率为 32 和分辨率为 0.125 的光谱曲线细节的变化很大，后者则反映了很多前者没有的信息（图 1）。

在实验中样本在这个红外波段内透射率还是很高的，这有可能会为我们在量子人体的热红外波段研究提供很好的资料。

3. 实验结论

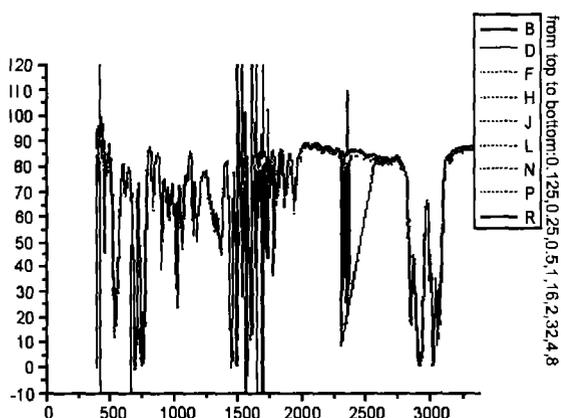


图1 1.5 mil 样本的光谱图

从总体来说,分辨率越高,细节显示越多,但是当分辨率达到一定的数量时,显示的细节变化不大,但是这在人体信息获取机理研究方面能提供重要的科学依据。

参考文献

- 1 毕思文. 数字人体—人体系统数字学总论, 中国医学影像技术, 2003, 19(204): 1~8.
- 2 毕思文、王秀丽. 数字人体原型—人体系统, 中国医学影像技术, 2003, 19(2): 140~144.
- 3 毕思文、王秀丽. 数字人体研究的方法论, 中国医学影像技术, 2003, 19(3): 269~272.
- 4 毕思文等. 数字人体(人体系统数字学)的概念、框架、内涵和应用, 北京: 第九届全国医药信息学大会论文集, 2002. 7.
- 5 韩力群、毕思文. 数字人脑高级中枢神经模型及实现方案, 中国医学影像技术, 2004, 20(1): 114~117.
- 6 毕思文. 数字人体简单巨系统的几种数学模型, 中国医学影像技术, 2003, 19(11): 1490~1493.
- 7 毕思文. 数字人体系统演化的分析方法, 中国医学影像技术, 2003, 19(12): 1606~1609.
- 8 景东升、毕思文. 数字人体信息标准化体系和内容研究, 中国医学影像技术, 2003, 19(204): 146~149.
- 9 毕思文. 数字人体微观研究—量子人体, 中国医学影像技术, 2004, 20(6): 833~836.
- 10 毕思文. 数字人体—人体系统数字学, 北京: 科学出版社, 2004. 8.

(责任编辑: 张志华)

(上接第 97 页)

参考文献

- 1 毕思文, 数字人体——人体系统数字学总论, 中国医学影像技术, 2003, 19(204): 1~8.
- 2 毕思文, 王秀丽, 数字人体研究的方法论. 中国医学影像技术, 2003, 19(3): 269~272.
- 3 信息可视化——情报学研究的新领域 靖培栋 情报科学 2003.
- 4 <http://cto.icxo.com/htmlnews/2003/12/22/53574.htm>.
- 5 郭森慧, 王枳, 刘建毅, 数字人体与人工智能——生命科学与信息科学的融合 中国医学影像技术, 2003, 19(204): 22~24.
- 6 张力岩, 毕思文, 可视化技术及其在抗击 SARS 中的应用, 中国医学影像技术, 2003, 19(204): 168~171.
- 7 数字化虚拟人初见端倪, 知识就是力量, 2004 年.
- 8 涂序彦. 广义数字生命与经络数字人体, 中国医学影像技术, 2003, 19(204): 25~27.
- 9 高颖. 基于中医藏象理论构建“数字脏腑”功能模型, 中国医学影像技术, 2004, 19(204): 57~58.

(责任编辑: 张志华)

(上接第 113 页)

参考文献

- 1 周吉好. 胰岛素抗性、肥胖与高血压关系的流行病学研究进展. 心血管病学进展, 1995 年, 16(3): 146.
- 2 程文江, 覃志成, 郭峰. 原发性高血压病 602 例中医证候流行病学研究. 浙江中西医结合杂志, 2003, 13(4): 261.
- 3 郑峰, 胡世云, 郭建建等. 高血压病中医辨证分析. 河北中医, 2000, 22: 651.
- 4 邓世周, 王兵, 耿黎明等. 中医分型治疗高血压病 200 例疗效分析. 海军医学杂志, 2000, 21: 159.

(责任编辑: 毕思文 张志华)

(上接第 132 页)

- 28 张文高, 刘龙涛, 何煜等. 降脂红曲超微粉碎对高脂血症疗效影响的临床与实验研究—中药超微粉碎对疗效影响的研究之二. 中医药工程学会学术年会论文集, 2004, 4.
- 29 谢敏. 概念结构与知识的神经网络模型表达——无软件专家系统的理论基础. 第二届世界华人生物医学工程学术会议论文集, 2004, 9.
- 30 谢敏. 中医是天生的亚健康医学——中医药工程发展的新契机. 第二届世界华人生物医学工程学术会议论文集, 2004, 9.
- 31 岳长礼, 曹洪欣. 男性病中医专家诊疗系统. 第二届世界华人生物医学工程学术会议论文集, 2004, 9.

(责任编辑: 毕思文 张志华)

(*Institute of Panax Notoginseng of Wenshan Prefecture, Wenshan 663000, Yunnan Province*)

The pattern plantation in the artificial cultivation of panax notoginseng has been gradually transferred from the extensive traditional cultivation to the stage of standardized plantation, therefore both the output and quality of this medicinal plant have been greatly raised. This article focuses on the summary of the study of cultivation, the establishment of the systems of standards, the study of GAP and the progress in the construction of GAP bases of panax notoginseng in the last 20 years.

Key Words: panax notoginseng, cultivation, breeding, GAP, standard

Application of Technology of Digital Chromatographic Finger – printing Spectrum to Design of Characteristics of Patented Technology of Compound Drugs of Chinese Medicine

Song Xiaoting

(*Shanghai Center for study of Intellectual Property Right of Traditional Chinese Medicine, Shanghai 201203*)

An Hongmei (Office of Scientific Research of Longhua Hospital, Shanghai University of Traditional Chinese Medicine and Materia Medica, Shanghai 200032)

The compound drugs of Chinese medicine are the quintessence of the theory of traditional Chinese medicine. At present, however, some relevant regulations of the Patent Law and the writing forms of the documents in the application for patents are not in favour of the protection of such compound drugs. The expression of the location and area of chromatogram peak in digital form by means of digital chromatographic finger – printing spectrum is able not only to accurately reflect the whole interior of a compound drug but also to completely shows the characteristics of the chemical composition of complex compounds of Chinese medicine. The authors hold that the technology of digital chromatographic finger – printing spectrum can accurately indicate the entire quality of compound drugs of Chinese medicine on the one hand and can be used to describe the technical characteristics of the compound drugs of Chinese medicine on the other hand.

Key Words: chromatographic finger – printing spectrum, compound drugs of Chinese medicine, technical characteristics, description

Digital Human Body —— Digital Science of Human Body System

Bi Siwen (State Key Laboratory of Remote – sensing Science, Institute of Remote – sensing Application, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101)

This article briefly presents the background on which digital human body —— digital science of human body system has been set forth and states the method and system of digital human body through information acquisition and processing

140 [*World Science and Technology / Modernization of Traditional Chinese Medicine and Materia Medica*]

and the simulation and computation of the system of digital human body. In this article the author lays emphasis on the theory, prototype and model of digital human body, all - roundly describes the technology of digital human body and its application, and refers to the microscopic study — quantum human body of digital human body and the middle - far infrared experiment and study of quantum human body.

Key Words: digital human body, prototype and model, technology and method, experiment

Study of Information Acquisition Technology for Digital Human Body

*Han Jixia and Bi Siwen (State Key Laboratory of Remote - sensing Science,
Institute of Remote - sensing Application, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101)*

In this article the conception of digital human body is expounded first and then information acquisition technology for digital human body — infrared and multi - spectra technology is described and the application of infrared and multi - spectra technology to the study of acupuncture — channels and collaterals is presented, and finally the role of information acquisition technology in the study of digital human body is summed up.

Key Words: digital human body, information acquisition, thermal infrared, multi - spectrum

Exploration of Visual Technology of Digital Human Body

*Wu Fei and Bi Siwen (State key Laboratory of Remote - sensing Science, Institute of Remote - sensing Application,
Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101)*

This article expounds the objective and significance of the study of digital human body — digital science of human body system and explores the visual technology of digital human body, which mainly includes the digital modeling of human body system, the visualization of information from all the sub - systems of digital human body system, the visualization of information from Channels and collaterals of digital human body, the visualization of information from Zang - Fu (internal organs) of digital human body, the visualization of dynamic information from digital human body and the visualization of integral information from digital human body, and illustrates the difficulties and prospects of visual technology of digital human body.

Key Words: digital human body, visual technology

An Idea about Study of Clinical Experience of Famous Veteran Doctors in Traditional Chinese Medicine on the Basis of Information and Data Mining Technology

*Wang Yinghui, Jiang Zaichang, Yan Yingjie, Zhu Jianguai, Tian Lin, Gao Ronglin, Li Ping and Jiao Yongzheng
(Guang ' anmen Hospital, China Academy of Traditional Chinese Medicine, Beijing 100053)
Liu Baoyan (China Academy of Traditional Chinese Medicine, Beijing 100070)*

{ *World Science and Technology / Modernization of Traditional Chinese Medicine and Materia Medica* } 141