



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106295205 A

(43)申请公布日 2017.01.04

(21)申请号 201610674444.2

(22)申请日 2016.08.16

(71)申请人 王伟

地址 100083 北京市海淀区华清嘉园小区  
13号楼509室

(72)发明人 王伟

(74)专利代理机构 北京兆君联合知识产权代理  
事务所(普通合伙) 11333

代理人 刘俊玲

(51) Int. Cl.

G06F 19/00(2011.01)

G06N 3/08(2006.01)

权利要求书2页 说明书7页 附图1页

(54)发明名称

基于BP神经网络的体脂百分比测量方法及其应用

(57)摘要

本发明提供一种基于BP神经网络的体脂百分比测量方法,包括以下步骤:测量受试者身高、年龄和身体质量指数(BMI)数据;同时获取受试者性别信息;将性别、身高、年龄和BMI数据做标准化转换后作为参数,输入体脂百分比BP神经网络,测算得出受试者的体脂百分比;所述的体脂百分比BP神经网络设有输入层、输出层和1个隐藏层;所述的输入层设有4个输入神经元、所述的隐藏层设有9个神经元,所述的输出层设有1个神经元。本发明的方法既可以快速获得准确的体脂百分比结果,又不需要昂贵的设备投入,适用于大样本量的人群身体成分分析。

1. 一种基于BP神经网络的体脂百分比测量方法,其特征在于,包括以下步骤:

1) 测量受试者身高、年龄和身体质量指数(BMI)数据;同时获取受试者性别信息;

2) 将性别、身高、年龄和BMI数据作为参数,使用体脂百分比BP神经网络测算得出受试者的体脂百分比;所述的体脂百分比BP神经网络设有输入层、输出层和1个隐藏层;所述的输入层设有4个输入神经元、所述的隐藏层设有9个神经元,所述的输出层设有1个神经元;所述的体脂百分比BP神经网络的建立采用不小于1000人的样本数据、以不高于万分之一的最大误差、不高于0.02的学习率和不低于0.7的记忆率进行不少于1000次训练,采用70~90%样本训练和10~30%样本验证的方式;本步骤具体包括:

2.1) 先将步骤1)获取的数据和信息进行标准化预处理:将步骤1)获取的身高、年龄数据 $x_i$ 用下式(I)转换成大于等于0且小于等于1的数据 $\overline{x_i}$ ;将步骤1)获得的BMI数据的平方数 $x_i$ 用下式(I)转换成大于等于0且小于等于1的数据 $\overline{x_i}$ ;将步骤1)获取的性别信息中的男性定义为0,女性定义为1;

$$\overline{x_i} = \frac{x_i - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \quad (I)$$

式(I)中,所述的 $x_{\min}$ 和 $x_{\max}$ 分别是所述体脂百分比BP神经网络训练数据中相应参数的最小值和最大值;

2.2) 将步骤2.1)转换处理得到的大于等于0且小于等于1的与性别、身高、年龄和BMI相对应的4个数据输入体脂百分比BP神经网络的输入层的所述4个输入神经元,经所述隐藏层的处理后,由所述输出层神经元获得受试者体脂百分比结果。

2. 权利要求1所述的方法,其特征在于:步骤2)所述的体脂百分比BP神经网络建立所用的样本,其输出数据(体脂百分比)均以生物电阻抗(BIA)方法由相同设备测量得到。

3. 权利要求1所述的方法,其特征在于:步骤2)所述的体脂百分比BP神经网络建立所用的样本,其输出数据(体脂百分比)均使用以下式(II)计算得到:

体脂百分比(BF%) =  $63.7 - 864 \times (1/\text{BMI}) - 12.1 \times \text{性别指数} + 0.12 \times \text{年龄} + 129 \times \text{人种指数A} \times (1/\text{BMI}) - 0.091 \times \text{人种指数A} \times \text{年龄} - 0.030 \times \text{人种指数B} \times \text{年龄}$  (II)

式(II)中,性别指数取值:男为1,女为0;人种指数A取值:亚洲人种为1,其他人种为0;人种指数B取值:非裔美国人为1,其他人种为0;所述的BMI为体重/身高<sup>2</sup>(kg/m<sup>2</sup>)。

4. 权利要求1所述的方法,其特征在于:步骤2)所述的体脂百分比BP神经网络建立,所述的学习率为0.02。

5. 权利要求1所述的方法,其特征在于:步骤2)所述的体脂百分比BP神经网络建立,所述的记忆率为0.7。

6. 权利要求1所述的方法,其特征在于:步骤2)所述的体脂百分比BP神经网络建立,所述的训练次数为5000~30000次。

7. 权利要求1所述的方法,其特征在于:步骤2)所述的体脂百分比BP神经网络建立,所述的训练次数为20000次。

8. 权利要求1所述的方法,其特征在于,包括以下步骤:

1) 使用身高、体重计测量受试者身高、体重,进而按照体重/身高<sup>2</sup>(kg/m<sup>2</sup>)的方法计算得到身体质量指数(BMI)数据;同时获取受试者性别和年龄信息;

2) 将性别、身高、年龄和BMI数据作为参数,使用体脂百分比BP神经网络测算得出受试

者的体脂百分比；所述的体脂百分比BP神经网络设有输入层、输出层和1个隐藏层；所述的输入层设有4个输入神经元、所述的隐藏层设有9个神经元，所述的输出层设有1个神经元；所述的体脂百分比BP神经网络的建立采用：不小于1000人的样本数据、以万分之一的最大误差、0.02的学习率和0.7的记忆率进行20000次训练，采用80%的样本训练和20%的样本验证的方式；

所述的不小于1000人的样本数据中，作为输出数据的体脂百分比通过以下式II计算得到：体脂百分比(BF%)=63.7-864×(1/BMI)-12.1×性别指数+0.12×年龄+129×人种指数A×(1/BMI)-0.091×人种指数A×年龄-0.030×人种指数B×年龄 (II)

式(II)中，性别指数取值：男为1，女为0；人种指数A取值：亚洲人种为1，其他人种为0；人种指数B取值：非裔美国人为1，其他人种为0；所述的BMI为体重/身高<sup>2</sup>(kg/m<sup>2</sup>)；

本步骤具体包括：

2.1)先将步骤1)获取的数据和信息进行标准化预处理：将步骤1)获取的身高、年龄数据 $x_i$ 用下式(I)转换成大于等于0且小于等于1的数据 $\overline{x_i}$ ；将步骤1)获得的BMI数据的平方数 $x_i$ 用下式(I)转换成大于等于0且小于等于1的数据 $\overline{x_i}$ ；将步骤1)获取的性别信息中的男性定义为0，女性定义为1；

$$\overline{x_i} = \frac{x_i - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \quad (I)$$

式(I)中，所述的 $x_{\min}$ 和 $x_{\max}$ 分别是所述体脂百分比BP神经网络训练数据中相应参数的最小值和最大值；

2.2)将步骤2.1)转换处理得到的大于等于0且小于等于1的与性别、身高、年龄和BMI相对应的4个数据输入体脂百分比BP神经网络的输入层的所述4个输入神经元，经所述隐藏层的处理后，由所述输出层神经元获得受试者体脂百分比结果。

9. 权利要求1所述的体脂百分比测量方法在体成分分析中的应用，包括：根据所述方法获得体脂百分比结果后，按照常规方法和不同需求对应的标准评价个体体成分组成状况。

## 基于BP神经网络的体脂百分比测量方法及其应用

### 技术领域

[0001] 本发明涉及人体测量技术领域,具体涉及一种人体身体成分的分析方法,更具体地涉及一种人体体脂百分比的测量方法,及其在体成分分析中的应用。

### 背景技术

[0002] 近几十年随着科学技术的发展,用来进行身体成分评测的方法和技术也越来越丰富。身体成分通常是关于人体体重的组成部分的分布、特征及比重等。一般的身体成分分析是根据人体的不同的生物化学、解剖学或形态等元素特点,将其划分为两个或更多个部分。最常见的体成分测试就是将人体划分为脂肪重量及去脂肪重量(也称为去脂体重)来进行测量。随着一系列关于身体成分测试技术的进步,多种不同划分方法的身体成分模型也开始被广泛的发展运用,如原子模型、分子模型、细胞模型、组织模型等,通常包括身体总水分(TBW),细胞外液(ECW),细胞内液(ICW),脂肪量,骨密度(BM)和蛋白质(P)等部分。目前比较公认的二元模型就是按照脂肪重量(FM)和去脂体重(FFM)进行划分,并假设FM和FFM有恒定的密度,分别为0.9Kg/L和1.1Kg/L。

[0003] 通常,评估人体成分的唯一直接方法就是通过尸体解剖后的分析,如此相对所有其他的评价方法都是间接的,而尸体的研究数量有限。所以许多身体成分的评价技术可以被称为是双重间接测试的,也就是其通过另一个间接测试方法、误差以及随后的测量数据进行估测的。如此间接的结果,大多数是用来对人体成分进行估测或预测。而估测的方法也从简单易行的方法到非常复杂昂贵的实验室测试等,也可以按照测试人员的技能和仪器设备两个参数进行分类。比较复杂的测试方法有,实验室的水下称重法、双能X射线测试法(DXA),总体电导率或阻抗、近红外、超声波、CT、空气体积描述法、核磁共振成像等,而比较简单的方法有皮褶测试法、围度测试法、生物电阻抗(BIA)等。

[0004] 水下称重密度测试方法历来被认为是人体成分测量的金标准,其主要通过水下,人体重量与人体密度密切相关的原理来进行估测的。身体成分按照两元模型的FM和FFM密度通过标准的数学方程进行估算。这个方法的不利之处便是它的有效性和适用性方面,它需要测试者的高度配合,能够在水下完全呼出空气并保持至少10下秒钟,而且要如此反复几次,所以对于儿童或老年人不适用。水下称重法的另一个缺点就是,它是假设FFM密度相对恒定的基础上,而人体随着生长发育或衰老,它的密度也是发生变化的,这也影响了水下测试法的准确性。最近,也有空气体置换描述法(BOD POD身体成分测试系统)用来替代水下称重法,克服了水下称重法必须要在全部沉没到水下的难点,但将该方法应用到青少年的体成分估测的研究还比较少。

[0005] 身体总水量(TBW)测试法采用同位素稀释技术,脂肪组织的含水量可以忽略不计,而其瘦体重的水分是相对恒定的,根据此原则来预测身体成分。因为这种方式通常都是采用具有放射性的同位素进行测量的,所以不适用于青少年儿童。而非放射性同位素虽然能够用于儿童,但其成本高昂,不能够普遍使用。

[0006] 通常认为脂肪组织当中几不含有钾元素的,所以可以通过去脂肪组织中的钠含量

来进行身体成分的估测。通过天然放射性元素测量法, TBK测量后可以用瘦体重中的钾含量来估测身体的瘦体重, 它的优点就是测试的精度较好, 但它的缺点是通过钾含量来估算瘦体重可能存在误差, 如儿童的钾含量相对比成人低, 所以这种估算系数是有限制的。同时, 该技术是非侵入性的和安全的, 但其测试地点需要在一个封闭的环境中, 测试时间需要保持在10-150分钟, 测试设备比较昂贵, 所以一般这种测试方法主要应用在幼儿的身体成分测试。

[0007] 核磁共振成像(MRI)是通过提供脂肪组织和非脂肪组织的断层图像扫描来进行身体成分的计算。需要测试者躺在一个封闭的扫描空间, 直到仪器采集够足够多的扫描图像, 然后通过已知的体积和密度进行计算。这种测试方式常常将部分非脂肪成分(脂肪和水分)也划分到脂肪组织中, 而且不适合儿童。另一种与MRI相似的方法就是计算机断层扫描(CT), 其扫描会产生大量辐射, 因此更不适合青少年儿童进行测试。

[0008] DXA测试法是基于发射 $\gamma$ 射线通过人体时产生的低密度中子数进行分析, 肌肉组织、骨骼和脂肪组织对 $\gamma$ 射线产生的响应不同, 以此来进行身体成分的估算。DXA技术的优点为可靠性高, 测量速度快, 对测试者要求低, 通过骨密度指标进行评价, 如此对于儿童和成人都是比较适用的。而其缺点也是在儿童中应用该技术其测试有效性和电离辐射的副作用需要进行考虑。

[0009] 总体电导率(TOBEC)评估身体成分方法, 需要在一个测试室内放置一个大的圆柱形线圈, 能够产生的特定无线频率的电流。其原理是一个活体组织处在一个电磁场中会产生磁场干扰, 这种干扰是由于有机体内的聚集的大量电解质引起的, 根据FFM中的一些唯一的电解质, 通过适当的校准实现身体脂肪的精确分离, 从而进行计算。相比成人, 儿童TOBEC测量仪器可采用动物尸体分析进行校正以获得更加精确的测试数据。这种方法比较适合儿童, 因为他是非侵入性的, 也没有风险性, 无辐射, 测试速度快, 对测试者配合要求低。但还需要更多的新研究来支持该研究结果, 以此证明TOBEC测量技术的可靠性。

[0010] 生物电阻抗(BIA)是指微电流(通常800 $\mu$ A, 频率50Hz)通过身体, 利用身体不同组织的阻抗差异来判断身体成分比例。电阻由输入极和检测极决定, 将电阻抗值转化成身体密度, 根据转换方程来计算身体成分。但是因为电阻抗通常在人的四肢进行连接, 所以对四肢的电阻抗值的敏感度较高, 而对躯干脂肪相对较为不敏感。而且BIA测量的影响因素也比较多, 如测试者的姿势、环境、皮肤温度、年龄、性别、身体状态等等。

[0011] 以上方法对于精确测试个体身体成分具有一定的适用性, 但是对于大样本的受试群体来说, 上述方法都过于复杂, 不仅对设备要求高, 而且对受试者要求也很高, 因此不适用于群体体成分的快速评估。

## 发明内容

[0012] 本发明的目的在于: 提供一种适用于大样本量的人群身体成分分析的方法, 既可以快速获得准确的分析结果, 又不需要昂贵的设备投入和严格的测试条件要求。

[0013] 为了实现本发明的上述目的, 本发明提出以下技术方案:

[0014] 首先, 提供一种基于BP神经网络的体脂百分比测量方法, 包括:

[0015] 1) 测量受试者身高、年龄和身体质量指数(BMI)数据; 同时获取受试者性别信息;

[0016] 2) 将性别、身高、年龄和BMI数据作为参数, 使用体脂百分比BP神经网络测算得出

受试者的体脂百分比；所述的体脂百分比BP神经网络设有输入层、输出层和1个隐藏层；所述的输入层设有4个输入神经元、所述的隐藏层设有9个神经元，所述的输出层设有1个神经元；所述的体脂百分比BP神经网络的建立采用不小于1000人的样本数据、以不高于万分之一的最大误差、不高于0.02的学习率和不低于0.7的记忆率进行不少于1000次训练，采用70~90%样本训练和10~30%样本验证的方式；本步骤具体包括：

[0017] 2.1)先将步骤1)获取的数据和信息进行标准化预处理：将步骤1)获取的身高、年龄数据 $x_i$ 用下式(I)转换成大于等于0且小于等于1的数据 $\bar{x}_i$ ；将步骤1)获得的BMI数据的平方数 $x_i$ 用下式(I)转换成大于等于0且小于等于1的数据 $\bar{x}_i$ ；将步骤1)获取的性别信息中的男性定义为0，女性定义为1；

$$[0018] \quad \bar{x}_i = \frac{x_i - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \quad (I)$$

[0019] 式(I)中，所述的 $x_{\min}$ 和 $x_{\max}$ 分别是所述体脂百分比BP神经网络训练数据中相应参数的最小值和最大值；

[0020] 2.2)将步骤2.1)转换处理得到的大于等于0且小于等于1的与性别、身高、年龄和BMI相对应的4个数据输入体脂百分比BP神经网络的输入层的所述4个输入神经元，经所述隐藏层的处理后，由所述输出层神经元获得受试者体脂百分比结果。

[0021] 本发明所述的方法中，步骤1)所述的受试者身高、年龄和身体质量指数(BMI)数据可以通过现有技术的多种方法测算得到，例如，身高可以使用身高标尺测量；BMI可以使用体重/身高<sup>2</sup>(kg/m<sup>2</sup>)的方法计算得到；年龄可以通过出生日期推算或骨龄检测方法得到。

[0022] 本发明所述的方法中，步骤2)所述的体脂百分比BP神经网络建立所用的样本，其输出数据(体脂百分比)均以生物电阻抗(BIA)方法由相同设备测量得到；或者使用以下式(II)计算得到：

[0023] 体脂百分比(BF%)=63.7-864×(1/BMI)-12.1×性别指数+0.12×年龄+129×人种指数A×(1/BMI)-

[0024] 0.091×人种指数A×年龄-0.030×人种指数B×年龄(II)

[0025] 式(II)中，性别指数取值：男为1，女为0；人种指数A取值：亚洲人种为1，其他人种为0；人种指数B取值：非裔美国人为1，其他人种为0；所述的BMI为体重/身高<sup>2</sup>(kg/m<sup>2</sup>)。

[0026] 本发明优选的方法中，步骤2)所述的体脂百分比BP神经网络建立，所述的学习率优选0.02。

[0027] 本发明优选的方法中，步骤2)所述的体脂百分比BP神经网络建立，所述的记忆率优选0.7。

[0028] 本发明优选的方法中，步骤2)所述的体脂百分比BP神经网络建立，所述的训练次数为5000~30000次，最优选20000次。

[0029] 本发明最优选的方案，包括以下步骤：

[0030] 1)使用身高、体重计测量受试者身高、体重，进而按照体重/身高<sup>2</sup>(kg/m<sup>2</sup>)的方法计算得到身体质量指数(BMI)数据；同时获取受试者性别和年龄信息；

[0031] 2)将性别、身高、年龄和BMI数据作为参数，使用体脂百分比BP神经网络测算得出受试者的体脂百分比；所述的体脂百分比BP神经网络模型设有输入层、输出层和1个隐藏层；所述的输入层设有4个输入神经元、所述的隐藏层设有9个神经元，所述的输出层设有1

个神经元;所述的体脂百分比BP神经网络模型的建立采用:不小于1000人的样本数据、以万分之一的最大误差、0.02的学习率和0.7的记忆率进行20000次训练,采用80%的样本训练和20%的样本验证的方式;

[0032] 所述的不小于1000人的样本数据中,作为输出数据的体脂百分比通过以下式II计算得到:体脂百分比(BF%)=63.7-864×(1/BMI)-12.1×性别指数+0.12×年龄+129×人种指数A×(1/BMI)-0.091×人种指数A×年龄-0.030×人种指数B×年龄 (II)

[0033] 式(II)中,性别指数取值:男为1,女为0;人种指数A取值:亚洲人种为1,其他人种为0;人种指数B取值:非裔美国人为1,其他人种为0;所述的BMI为体重/身高<sup>2</sup>(kg/m<sup>2</sup>);

[0034] 本步骤具体包括:

[0035] 2.1)先将步骤1)获取的数据和信息进行标准化预处理:将步骤1)获取的身高、年龄数据 $x_i$ 用下式(I)转换成大于等于0且小于等于1的数据 $\overline{x_i}$ ;将步骤1)获得的BMI数据的平方数 $x_i$ 用下式(I)转换成大于等于0且小于等于1的数据 $\overline{x_i}$ ;将步骤1)获取的性别信息中的男性定义为0,女性定义为1;

$$[0036] \quad \overline{x_i} = \frac{x_i - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \quad (I)$$

[0037] 式(I)中,所述的 $x_{\min}$ 和 $x_{\max}$ 分别是所述体脂百分比BP神经网络训练数据中相应参数的最小值和最大值;

[0038] 2.2)将步骤2.1)转换处理得到的大于等于0且小于等于1的与性别、身高、年龄和BMI相对应的4个数据输入体脂百分比BP神经网络的输入层的所述4个输入神经元,经所述隐藏层的处理后,由所述输出层神经元获得受试者体脂百分比结果。

[0039] 本发明提供的基于BP神经网络的体脂百分比测量方法可以作为分析和评价身体成分的可靠依据。

[0040] 本发明还提供所述的体脂百分比测量方法在体成分分析中的应用,包括:根据所述方法获得体脂百分比结果后,按照常规方法和不同需求对应的标准评价个体体成分组成状况。评价结果不仅可以使个体增进自身了解,更有意义的是可以进一步用于预警健康风险或指导体育健身。

[0041] 与现有技术的体成份分析方法相比,本发明的方法具有以下几方面的有益效果:

[0042] 1. 参数的测量简单易行

[0043] 本发明的方法中,需要测量的参数仅包括受试者的身高、年龄和BMI这几个不需要特殊工具就能很容易获得的指标,而无需测量皮褶厚度、肢体各部分围度、细胞内外液、生物电阻抗值等复杂的参数,更无需进行核磁共振、水下称重、双能X射线等等设备投入大、操作要求高、测试条件严苛的检测过程。本发明将得原本非常复杂的测量过程变得简单易行,这一简化过程是经过大量研究、统计、筛选和验证来完成的,最终得到了非常简单的参数组成,这对于大样本量的群体检测来说意义重大,具有非常高的实用价值。

[0044] 2. 测量结果的精准度高

[0045] 本发明的体脂百分比测量方法基于科学、合理地构建方法得到的BP神经网络模型,该模型建立在大量研究、统计、筛选和验证的基础上,充分利用了研究中发现的人体体脂百分比与人体测量学指标之间的相关性规律,同时利用最优化的构建和训练方案建立的BP神经网络模型进行测算,由简单的起始参数就可以快速获得准确的测量结果,而且结果

的准确性还会随着受试样本量的增加而不断提高。

### 附图说明

[0046] 图1是实施例1所使建立的BP神经网络结构示意图。

[0047] 图2是实施例3的基于ANN1的方法测量的结果与BIA测量的结果的Bland-Altman散点图。

### 具体实施方式

[0048] 下面以列举实施例的方式对本发明的技术方案进一步做出具体的阐述,但本发明不限于以下所列举的实施例。

[0049] 实施例1.体脂百分比BP神经网络模型的建立

[0050] 选择1600名受试者,其中男女各800人,年龄20-76之间,BMI在16.2-42.7kg/m<sup>2</sup>之间,将每种参数的数据都按式(I)进行标准化,得到大于等于0、小于等于1的数据,其中对BMI数据要先进行平方计算后再用式(I)进行标准化。

$$[0051] \quad \bar{x}_i = \frac{x_i - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \quad (I)$$

[0052] 同时使用Inbody3.0体成分测试仪测试上述1600名受试者的体脂百分比。

[0053] 采用NeurophStudio工具创建三层结构的人工神经网络,包括输入层、隐藏层和输出层;输入层设置4个神经元,分别用于上述标准化后的4种参数的输入;隐藏层设置9个神经元,按照常规方法设置权值;输出层设置1个神经元,用于上述受试者体脂百分比结果的输出。

[0054] 人工神经网络结构设置好后,使用上述1600人中的1280人(其中男女各640人)的样本数据以0.02的学习率和0.7的记忆率进行20000次训练,保证万分之一的最大误差,然后利用剩余320人(男女各160人)的样本数据进行验证,即可得到理想的体脂百分比BP神经网络模型,记作ANN1,结构如图1所示。

[0055] 实施例2.体脂百分比BP神经网络模型的建立

[0056] 选择2000名受试者,其中男女各1000人,年龄25-75之间,BMI在17.3-45.7kg/m<sup>2</sup>之间,将每种参数的数据都按式(I)进行标准化,得到大于等于0、小于等于1的数据,其中对BMI数据要先进行平方计算后再用式(I)进行标准化。

$$[0057] \quad \bar{x}_i = \frac{x_i - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \quad (I)$$

[0058] 同时使用式(II)测算上述2000名受试者的体脂百分比。

[0059] 体脂百分比(BF%)=63.7-864×(1/BMI)-12.1×性别指数+0.12×年龄+129×人种指数A×(1/BMI)-0.091×人种指数A×年龄-0.030×人种指数B×年龄 (II)

[0060] 式(II)中,性别指数取值:男为1,女为0;人种指数A取值:亚洲人种为1,其他人种为0;人种指数B取值:非裔美国人为1,其他人种为0;

[0061] 采用NeurophStudio工具创建三层结构的人工神经网络,包括输入层、隐藏层和输出层;输入层设置4个神经元,分别用于上述标准化后的4种参数的输入;隐藏层设置9个神经元,按照常规方法设置权值;输出层设置1个神经元,用于上述受试者体脂百分比结果的



输出。

[0062] 神经网络结构设置好后,使用上述2000人中的1400人(其中男女各700人)的样本数据以0.02的学习率和0.7的记忆率进行10000次训练,保证万分之一的最大误差,然后利用剩余600人(男女各300人)的样本数据进行验证,即可得到理想的体脂百分比BP神经网络模型,记作ANN2。

[0063] 实施例3.基于BP神经网络模型的体脂百分比测量

[0064] 一种基于BP神经网络的体脂百分比测量方法,具体步骤如下:

[0065] 1)使用身高尺、体重计测量来自清华大学的学生及附近社区居民共1000人的身高、体重,进而按照体重/身高<sup>2</sup>(kg/m<sup>2</sup>)的方法计算得到1000位受试者的身体质量指数(BMI)数据;同时获取1000位受试者的性别和年龄信息;

[0066] 2)将性别、身高、年龄和BMI数据作为参数,使用实施例1建立的BP神经网络模型ANN1测算得出受试者的体脂百分比;

[0067] 2.1)先将步骤1)获取的数据和信息进行标准化预处理:将步骤1)获取的身高、年龄数据 $x_i$ 用下式(I)转换成大于等于0且小于等于1的数据 $\overline{x_i}$ ;将步骤1)获得的BMI数据的平方数 $x_i$ 用下式(I)转换成大于等于0且小于等于1的数据 $\overline{x_i}$ ;将步骤1)获取的性别信息中的男性定义为0,女性定义为1;

$$[0068] \quad \overline{x_i} = \frac{x_i - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \quad (I)$$

[0069] 式(I)中,所述的 $x_{\min}$ 和 $x_{\max}$ 分别是ANN1训练数据中相应参数的最小值和最大值;

[0070] 2.2)将步骤2.1)转换处理得到的大于等于0且小于等于1的与性别、身高、年龄和BMI相对应的4个数据输入ANN1的输入层的所述4个输入神经元,经所述隐藏层的处理后,由所述输出层神经元获得受试者体脂百分比结果。

[0071] 为了验证本实施例所述方法获得的体脂百分比结果的准确性,采用BIA方法(如使用Inbody3.0体成分测试仪)测试上述1000位受试者的体脂百分比,将得到的结果与本实施例所得结果相比,他们的均值非常接近,具体结果见下表1。

[0072] 表1.BIA和本发明方法的体脂百分比测算结果比较

方法	均值±标准差 (n=1000)
[0073] BIA 仪器测试	28.25±7.16
实施例 3	28.31±6.53

[0074] 通过对两组数据进行相关分析可以发现,见表2,相关系数r值达到了0.921,比现有技术中的估测方程同BIA的相关系数都高,同时对BIA和实施例3结果进行了独立T检验,结果显示,t值为0.220,P>0.05,两组数据没有显著性差异。由此可以初步判断,本发明的基于BP神经网络的体脂百分比测量方法准确性方面达到了很好的效果,能够有效的对体脂百分比进行估测。

[0075] 表2.BIA和本发明基于BP神经网络(ANN1)方法的相关分析

[0076]	BIA Pearson 相 (n=1000)		BIA 独立 T 检验 (n=1000)		
	R 值	显著性	t	95%CI	P 值
ANN1	0.921	0.000	0.220	-0.53~0.67	0.826

[0077] 为了进一步分析本发明实施例3方法的结果的有效性和一致性,将BIA和ANN1进行Bland-Altman散点图分析(如图2所示),其差值在95%之心区间以外的散点数比例为5.7%,偏倚程度为-5.5~5.4,与现有技术中的推算方程(如荷兰瓦格宁根农业大学的Deurenberg等提出的formula1990、美国哥伦比亚大学肥胖研究中心的Gallagher等提出的formula2000、西班牙纳瓦拉医科大学人体代谢研究实验室的Javier博士等提出的formula2012)相比,偏倚程度缩小了至少0.9,准确性至少提高了7.6%。

[0078] 实施例4. 基于BP神经网络模型的体脂百分比测量及体成分分析

[0079] 采用与实施例3基本相同的方法测量3000名受试者的体脂百分数,不同之处在于基于实施例2建立的BP神经网络ANN2进行测算,最终可迅速获得每位受试者的准确的体脂百分比结果。

[0080] 将所述体脂百分比结果作为基础进行个体体成分分析或评价,可以为未来运动健身起到指导作用,也可以对日常饮食改善提供参考,还可以对心血管疾病风险的评估提供依据。

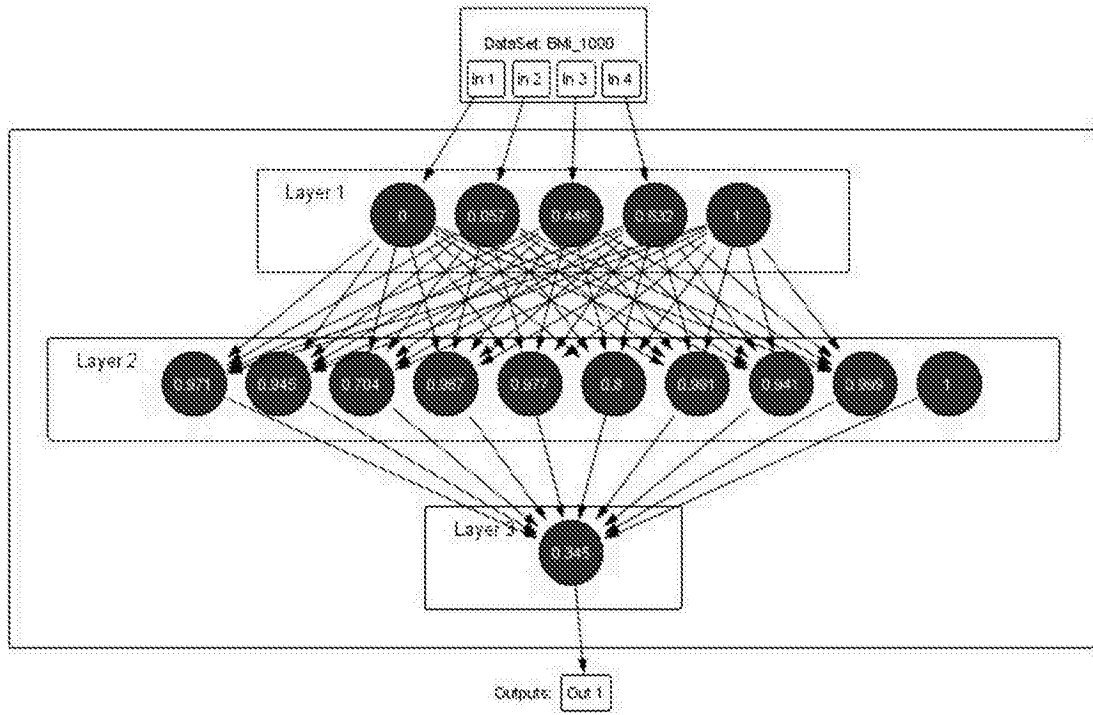


图1

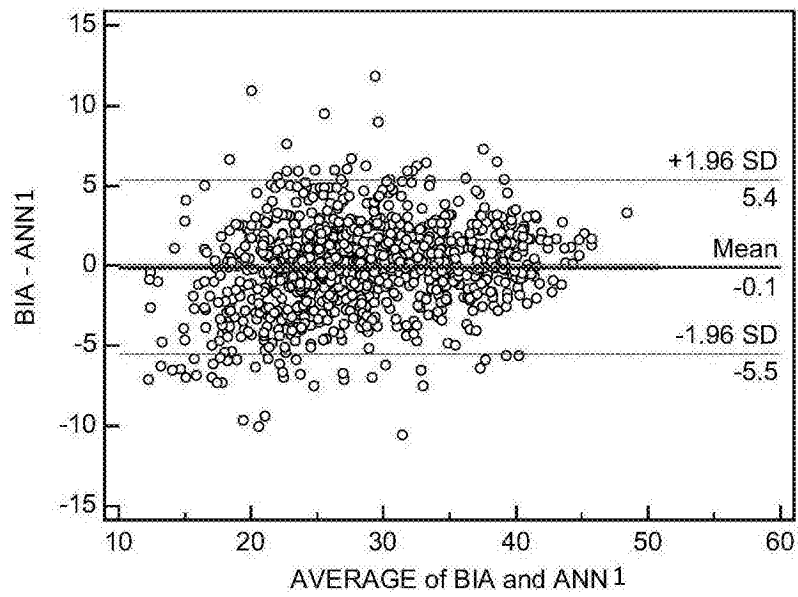


图2