

DOI:10.3969/j.issn.1673-4785.201307012

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/doi/10.3969/j.issn.1673-4785.201307012.html>

中药方剂药物属性的组网模型

李茹^{1,2}, 孙正^{1,2}, 王崇骏^{1,2}, 谢俊元^{1,2}

(1. 南京大学 计算机科学与技术系, 江苏 南京 210046; 2. 南京大学 计算机软件新技术国家重点实验室, 江苏 南京 210046)

摘要:传统的中药方剂配伍规律的研究通常只关注药物个体或基于复杂网络的药物结构,却忽视了药物的属性。而建立药物属性以及药物之间的网络模型可以打破仅针对药物结构进行组网的局限性。首先,提取出药物药性中的“性味”、“归经”、“功效”三方面的属性,在传统的药物网络的节点上添加药物属性,然后,在肺痿方剂数据库中211味方剂上进行试验,使用重叠社团发现算法-CPM(clique percolation method)算法对该模型进行测试,得到一些药物社团,验证了该模型的可行性和有效性。

关键词:中药方剂配伍规律, 药物属性, 网络模型, 重叠社团发现

中图分类号: TP18 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-4785(2014)02-0148-06

中文引用格式:李茹,孙正,王崇骏,等. 中药方剂药物属性的组网模型[J]. 智能系统学报, 2014, 9(2): 148-153.

英文引用格式:LI Ru, SUN Zheng, WANG Chongjun, et al. Network model of medicinal properties of the traditional Chinese medicine prescriptions[J]. CAAI Transactions on Intelligent Systems, 2014, 9(2): 148-153.

Network model of medicinal properties of the traditional Chinese medicine prescriptions

LI Ru^{1,2}, SUN Zheng^{1,2}, WANG Chongjun^{1,2}, XIE Junyuan^{1,2}

(1. Department of Computer Science and Technology, Nanjing University, Nanjing 210046, China; 2. National Key Laboratory for Novel Software Technology, Nanjing University, Nanjing 210046, China))

Abstract: The research on the laws of the traditional Chinese medicine prescriptions usually only focuses on herbs or herbs structure in the complex network. But the properties of herbs are of great importance, so the network model of herbs and their properties can break the limitations of the network model based on herbs. First, extract three aspects of properties, "taste", "meridian tropism", "efficacy". Then, add these to the network model of herbs. Finally, a test was done using the overlapping community discovery algorithm, and the test data come from 211 herbs in lung impotent prescription database. And the communities found in the test verify that the new model are feasible.

Keywords: compatibility law of the traditional Chinese medicine prescription; drug properties; network model; overlapping associations discovery algorithm

中医是中华民族千百年流传下来的精髓,而且越来越得到全球医学界的认可。由于古人对中医记载的重大贡献使得中医体系保存得比较完整。现存的有关文献中,经专家统计,方剂数量大约 100 000 种。而正是这些相对完整的医药体系以及大量的方

剂数据为探索中药方剂的配伍规律提供了很重要的依据,使中医药的发展更加科技化、体系化。

在中医药研究方面,已经有很多专家系统存在,而这些系统大都是针对方剂和药物进行表层的分析。为了发掘出大量数据中包含的隐藏、有价值的信息,可以引用数据挖掘技术。数据挖掘可以对数据进行多方面分析,包括:核心药物的发现,中药方剂的配伍规律,药物之间的关联分析等。可是这种简单的分析不利于对药物配伍规律深层次的认识。

收稿日期:2013-07-05. 网络出版日期:2014-03-31.

基金项目:国家“973”计划资助项目(2011 CB505300);国家自然科学基金资助项目(61021062, 61105069);江苏省科技支撑计划资助项目(BE2011171, BE2012161);南京大学研究生科研创新基金资助项目(2011CL07)。

通信作者:李茹. E-mail:lr18205188176@163.com.

最近研究表明,中药药物之间的互相联系可以用网络来描述,在药物上建立复杂网络模型,可以更加直观地展示药物间的联系。而传统中药方剂的复杂网络模型的构建只是关注药物间的联系而不考虑药物自身属性,这样就会忽略一些药物之间潜在的关联。本文的主要思想是在复杂网络模型的基础上,加入药物本身的属性,结合药物的属性和药物间的联系构建一个新的组网模型,让药物属性信息作为社团划分的依据。这样不仅能够得到药物之间的联系,而且还能得出药物属性之间的一些隐藏的信息,更能深入了解药物之间内在的链接关系。

在对中医药方剂数据组网进行数据挖掘方面,国内外已有大量学者进行了相关的研究^[1-3],如周学忠等通过完全图的方式对中药方剂数据进行组网,发现网络的节点度分布特性符合幂律分布,从而将其划分到无尺度网络;李稍等^[4]从网络药理学、系统生物学角度提出了“网络靶标”的概念,并将方药、病症映射于生物分子网络,以网络为基础建立方药与病证的关联机制;孙道平等^[5]基于贡献度和同方率构建传统中药方剂(traditional Chinese medicine formula, TCMF)网络,提出了高重叠的社区发现算法,划分了药物社区结构。而在复杂网络^[6]的研究中,更是涉及到诸多领域,如细胞网络、蛋白质作用网络、神经网络、社会网络^[7-10]等。复杂网络具有一些重要的统计特征,如 Watts 和 Strogatz^[11]在 Nature 杂志提出的小世界网络模型,体现了“小世界”特征;Barabasi 和 Albert^[12]提出著名的 BA 模型,提出“无标度”网络这个概念;Newman^[7]提出了复杂网络的社团结构的概念。其中,也有很多学者提出了很多基于复杂网络的经典重叠性聚类算法,如 Palla 等^[13]提出了最大团过滤理论,并提出了能够识别重叠网络簇结构的 CPM (clique percolation method) 算法;B. Yang 等^[14]提出基于马尔可夫随机游走模型的 FEC (finding and extracting communities) 聚类算法。

1 数据处理

在数据挖掘中,数据处理对后续的数据挖掘工作很重要。中医药的原始数据存在一些问题,由于方剂通过不同文献的记载,而且历经历史的变迁,很多药方中药物的名字发生了各种变化,这样就出现了药物同异名、药名重名、药效术语不规范问题,同时药方中存在一些空缺值和错误记录。因此,为了

更好地发现中医药的配伍规律,数据处理是不可缺少的重要环节之一。

1.1 药物同异名处理

医药同异名是一个很严重的问题,经过对医药数据的分析,可以将药物名分为以下几种情况:

1) 一名独正:一个正名不存在任何异名;2) 一名多异:一个正名有一个或者多个异名;3) 一正一异:一个异名只属于一个正名;4) 多正同异:一个异名属于多个正名。

为了解决上述所有问题,本文针对一名独正不做处理,对于一名多异和一正一异统一用正名来代替,对于多正多异这种情况,采用上下文(功能、主治等)判断识别本体再进行正名替换。

1.2 药物术语处理

中医药方剂中还存在另一个问题是功能术语的规范问题。在中医药的一些文献中,中药的功效存在很多歧义,而且针对同种功效具有多种不同的表述。如“祛风除湿”、“祛风湿”、“祛风散寒”等功效表达意义都是相同的。由于传统文化的影响,为保证工整优美,在方剂存储中,功效大多都是“四字为文”的形式。因功效术语存在一些复杂性,所以几乎没有文献提供一种统一的方法去规范用语。本文的主要思想是首先将原始功能字段分别以 2 字、3 字和 4 字集合进行排序。之后对 4 字形式的功能术语进行拆分,将其分为 2 字形式,如将“清热解毒”拆为“清热”和“解毒”。如有不符合这个形式的拆为,可以将 4 字形式转换成 3 字形式,如“补益元气”改成“补元气”。

将 4 字形式拆分后,接下来是合并意思相同的功效术语。本文采用的根据混合相似度的方法进行合并。混合相似度的定义为

$$\text{SimUnion}(A,B) = (\text{SimContext}(A,B) + \text{SimLiterally}(A,B))/2 \tag{1}$$

式中:SimContext(A,B)表示上下文相似度,定义为

$$\text{SimContext}(A,B) =$$

$$| \text{ContextOf } A \text{ Join } \text{ContextOf } B | / K$$

ContextOf A 表示 A 的前 K 个同现术语组成的集合, ContextOf B 表示 B 的前 K 个同现术语组成的集合, SimLiterally(A,B)表示字面相似度,定义为

$$\text{SimLiterally}(A,B) = \frac{|A \text{ Join } B|}{\max(A.\text{length}, B.\text{length})}$$

经实验发现,5 个同现术语中如果 3 个相同并且字面一半相似,就可以说明问题。因此,可以设置 SimUnion(A,B)阈值为 0.55,如果 2 个术语的混合

相似度超过该阈值就认为这 2 个术语可以合并。

2 药物属性的定义

2.1 药物属性基本内容

药物属性(药性),即所谓的药物属性中药与治疗有关的性能,概括为四气五味、归经、升降沉浮、毒性^[15]等。本文中主要选择药物表中“性味”、“归经”、“功效”3 个方面作为药物属性定义的基础。其中“性味”包含了四气五味、毒性等描述,而“功效”上体现了“升降沉浮”等。

2.2 药物属性向量

药物属性向量的具体构建方法是:假定每个字段有 N 个离散取值,将其定义成 N 维的属性向量,每维取值 0 或 1(0 代表没有出现该取值,1 代表出现该取值)。据此方法,可以得到“性味”、“归经”、“功效”3 个方面的属性向量如表 1~3 所示。

表 1 性味向量

Table 1 Vector of properties and flavors of herbs

F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	...	F21
苦	甘	辛	平	温	寒	凉	涩	毒	咸	臭

表 2 归经向量

Table 2 Vector of meridian tropism of herbs

T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	...	F18
肝	肺	脾	肾	心	胃	大肠	膀胱	胆	小肠	命门

表 3 功效向量

Table 3 Vector of efficacy of herbs

E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E255
清热解毒	祛风	止痛	消肿	活血	止血	祛湿	利水	祛瘀	...		助运

3 组建中药方剂属性网络模型

本文的目的是在传统中医药基于结构相似性或属性相似性进行聚类的基础上进行改进,将结

构相似性和属性相似性结合起来,将属性作为节点添加到组网中,通过药物属性可以使药物建立更多的连接,从而发现隐藏的药物之间的联系。

3.1 组建中药方剂(TCMF)网络

在组建 TCMF 网络之前,需要一些准备工作。通过计算药物之间的关联度定义一个阈值,关联度比该阈值高,则组网中有边连接,反之则认为无连接。

3.1.1 基于药物依赖度的关联度

常用的组网方式有很多,如完全图^[1]、基于频次^[5]、基于 Jaccard 相似度^[16]、基于熵^[17]、基于互信息^[18]等。而在中药方剂数据组网应用场景下,上述相似度量方法存在不均衡情况下的单向依赖关系和对组方长度不敏感等不足,为了解决这些问题,本文提出了药物依赖度的关联度。

定义药物 X 对 Y 的依赖度为

$$\text{Ind}(Y|X) =$$

$$\left(\sum_i 1/(\text{Formula}(X,Y)_i.\text{length} - 1) \right) / |X| \quad (2)$$

式中: $\text{Formula}(X,Y)$ 表示 X 和 Y 的共同组方集合, $\text{Formula}(X,Y)_i.\text{length}$ 表示组方集合中第 i 个方剂的长度,减一是为了消除自身对方剂长度影响。药物关联度的公式为

$$\text{sim}(X,Y) = \max\{\text{Ind}(X|Y), \text{Ind}(Y|X)\} = \frac{\sum_i 1/(\text{Formula}(X,Y)_i.\text{length} - 1)}{\min\{|X|, |Y|\}} \quad (3)$$

为了解决 X 和 Y 频次不均衡的问题,取 X 、 Y 相互依赖度中的最大值,同时还考虑了方剂长度的影响。

但是,通过式(2)和式(3)不难发现:直接取药对依赖度中的最大值是有问题的,如果分母本身过小,也会导致结果很高。所以为了解决这个问题,本文对药物关联度做了改进:

$$\text{sim}(X|Y) = \begin{cases} \min\{\text{In}(X|Y), \text{In}(Y|X)\} = \frac{\sum_i 1/(\text{Formula}(X,Y)_i.\text{length} - 1)}{\max\{|X|, |Y|\}}, \min\{|X|, |Y|\} < k \\ \max\{\text{In}(X|Y), \text{In}(Y|X)\} = \frac{\sum_i 1/(\text{Formula}(X,Y)_i.\text{length} - 1)}{\min\{|X|, |Y|\}}, \min\{|X|, |Y|\} \geq k \end{cases}$$

最终的关联度定义为一个分段函数,当 X 、 Y 最小频次小于某个阈值时,取依赖度中的较小者;当 X 、 Y 最小频次大于阈值时,取依赖度中的较大者,这样就避免了频次过低导致依赖度过高的错误。

3.1.2 组网算法

本文的组网算法的思想是:遍历所有的方剂,计

算当前方剂对药物关联度的增益,并将其加到原关联度上。最后,查询所有关联度大的药对进行组网。

组网算法如下:TCMFCreat (DrugSet, FormulaSet, k, x)

Input: 药物集合 DrugSet, 方剂集合 FormulaSet, 频次阈值 k , 关联度阈值 x ;

Output:所要构建网络中的边 EdgeSet;
Description:遍历方剂集合,每一个方剂根据定义的药物关联度计算对相关药对的关联度的增益;
方剂集合遍历完之后,再遍历所有药对,根据输入阈值判断药物间是否有边:

```
1) For each drug1, drug2 in DrugSet
2) If drug1 ≠ drug2
3) Sim( drug1, drug2) = 0
4) For each formula in FormulaSet do
5) If formula.length>1
6) For each drugi, drugj in formula do
7) If drugi ≠ drugj
8) If min( count( drugi ), count( drugj )) < k
9) Sim( drugi, drugj) = Sim( drugi, drugj) + 1 / formula.length * max( count( drugi ), count( drugj ))
10) Else
11) Sim( drugi, drugj) = Sim( drugi, drugj) + 1 / formula.length * min( count( drugi ), count( drugj ))
12) For each drug1, drug2 in DrugSet do
13) If drug1 ≠ drug2
14) If Sim( drug1, drug2) > x
15) EdgeSet.add( drug1, drug2)
16) Return EdgeSet
```

其中, count(drugi) 为计算第 i 个药物的频次,即它在所有方剂当中出现的次数。在肺痿方剂数据上运行组网算法,通过对网络的性质进行统计,发现网络节点的度分布是符合幂律分布的^[2],因此可以将TCMF网络加入到复杂网络的范畴,这样就可以运用复杂网络的分析方法。

通过对网络的性质统计,发现网络节点的度分布是符合幂律分布的^[2],因此可以将TCMF网络加入到复杂网络的范畴,这样就可以运用复杂网络的分析方法。

3.2 属性扩展图的构建

在中医药组成的TCMF网络中,试图权衡结构和属性相似度得到结果。也就是说经常在一起的药物划分在同一社团,并且它们的药性也大致相似。为了达到这个目的,本文提出一种将结构和属性一体化度量的方法,即“属性扩展图”的做法。具体思想是:将节点的每个属性的离散取值作为一个“虚拟”节点,加到原网络中,称为“属性节点”,然后在新网络上利用节点间度量的方式进行聚类。

关于“属性扩展图”的形式化定义:
 $G = (V, E, A)$ 为带属性的节点组成的图,其中

V 代表网络中的节点, E 代表网络中的边, $A = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$ 表示 V 中节点的 m 个属性,每个属性 a_i 的值域为 $\text{Dom}(a_i) = \{a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{in}\}$, 其中 $|\text{Dom}(a_i)| = n_i$ 即在属性 a_i 上有 n_i 种取值可能。对节点 $v_i \in V$ 来说,其属性向量为 $[a_1(v_i) \ a_2(v_i) \ \dots \ a_m(v_i)]$, 其中 $a_j(v_i)$ 表示节点在属性 a_j 上的取值。

那么原图 G 的“属性扩展图”定义为 $G_a = (V \cup V_a, E \cup E_a)$, 其中 $V_a = \{V_{ij}\}_{i=1, j=1}^{m, n_i}$ 表示新加入的“属性节点”集合,属性节点 $V_{ij} \in V_a$ 表示属性 a_i 取值为 a_{ij} 。 E_a 表示原始网络节点与属性节点相连的边,边 $(V_i, V_{jk}) \in E$ 当且仅当 $a_j(v_i) = a_{jk}$, 意即与某个属性节点相连的原始网络节点,它在该属性维度上的取值一定等于该属性节点代表的值。将原始网络中的边 $(V_i, V_j) \in E$ 称为“结构边”,将新加入的与属性节点相连的边 $(V_i, V_{jk}) \in E_a$ 称为“属性边”。根据以上定义,将提取出的药物属性作为属性节点加入到原TCMF网络中,加入性味、归经、功效等属性节点度。

4 实验

4.1 实验设置

为了分析基于药物属性的中药方剂组网模型的可行性和有效性,本文在肺痿方剂数据库中的211味方剂上进行了试验,并和传统的组网方式进行了对比。试验环境如下:处理器 Intel(R) Pentium(R) G 640 2.8GHz, 内存 2 GB, 硬盘 500 GB, 操作系统 Windows7 32 位版, 编程语言为 Java6.0。

4.2 CPM 算法

K -clique 派系过滤算法(CPM)^[13]是由 Palla 提出的第1个发现重叠社区的算法。它的简要思想是将相邻的 K -clique 进行合并,有些节点会属于多个 K -clique,因此构成了网络中的社区重叠部分。主要实现步骤是,给定一个 K 值,计算出网络中所有的 K -团,建立团-团之间的重叠矩阵,然后通过重叠矩阵来得到重叠的网络簇结构。在本实验中,设置 $K = 4$ 。

4.3 实验数据

本文实验所采用的数据集为肺痿方剂数据库中的211味方剂,从中提取了125种药物、13种性味、12种归经、90种功效。属性扩展图上有 $(125+13+12+90)240$ 个节点,254条两两药物组成的“结构边”、339条“性味边”、493条“归经边”、679条“功效边”。

5 结果分析

实验结果获得药物社团如表 4~5 所示。

表 4 肺痿药物(未添加属性)社团

Table 4 The communities of herbs for lung impotent (without herbs properties)

编号	药物列表
1	黄芩,黄连,黄柏,栀子
2	巴豆,黄柏,大黄,牵牛子
3	麦冬,莱菔,白茅根,藕,鲜地黄,梨
4	半夏,干姜,寒水石,白矾,天南星,白附子

表 5 肺痿药物(添加属性)社团

Table 5 The communities of herbs for lung impotent (with herbs properties)

编号	药物列表	相关 性味	相关 归经	相关 功效
1	黄芩,黄连,黄柏,栀子	苦,寒	心,大肠,膀胱	清热,燥湿
2	巴豆,黄柏,大黄,牵牛子	苦,寒	大肠,肾	泻下
3	麦冬,莱菔,白茅根,藕,鲜地黄,梨	甘,寒	肺,胃,肝	清热,凉血
4	旋复花,刺蒺藜,紫菀	温	心,肺	理气
5	梗米,杏仁,蜂蜜,酥	甘	脾,肺,大肠	补益

在未添加属性的组网中社团划分个数为 4 个,如表 4 所示。在添加属性之后,同样根据 CPM($K = 4$)算法,发掘出来的社团数目为 19 个,在表 5 中,列出了具有代表性的 5 个数据。

将表 4 和表 5 中的社团进行比较,可以发现:

- 1)最明显的一点是:添加上属性之后,可以明显的看到一个药物群属于哪些“性味”,“归经”和“功效”,这样更方便获得药物的属性信息。
- 2)在未添加属性的组网中,通过 PCM 算法仅仅获得 4 个社团,而在添加属性之后,获得了 19 个社团。实验结果表明添加属性这种组网方式是可行的。
- 3)对表 4 和表 5 中社团进行比较发现,表 5 中的第 4、5 社团在表 4 中是不存在的。从此可以说明,通过添加属性可以使药物之间在原基础上增加更多的关联。这也是采用这种组网方式的目的。

结果分析表明将药物的属性添加到网络中进行组网的模型是可行的,并且比传统的组网方式更有效。

6 结束语

由于现实中处理的数据很多是不完备的且存在偏序性,因此研究处理这种复杂数据情况的粗糙集方法是很有实际意义的。本文通过对现有优势关系

的分析后提出了 α 优势关系及其相应的粗糙集模型,以使得对不完备序信息系统的数据分析更加合理。此外,在基于 α 优势关系的粗糙集模型上,给出了不完备序信息系统的优势区分矩阵以及不完备序决策系统的优势决策区分矩阵,从而实现了属性约简,同时也表明了区分矩阵只能运用属性集的幂集进行构造,而不能运用单个属性集进行构造。

需要指出的是,在 α 优势关系的基础上,还可以进一步研究不协调不完备序决策系统的属性约简算法,这是本文的下一步工作任务。

参考文献:

[1]周雪忠,刘保延,王映辉,等.复方剂药物配伍的复杂网络方法研究[J].中国中医药信息杂志, 2008, 15(11): 98-100.

[2]FALOUTSOS M, FALOUTSOS P, FALOUTSOS C. On power-law relationships of the internet topology[C]//ACM SIGCOMM Computer Communication Review. ACM, 1999, 29(4): 251 -262.

[3]BARABÁSI A L, BONABEAU E. Scale-free networks[J]. Scientific American, 2003, 288(5): 50-59.

[4]李稍.网络靶标中药方剂网络药理学研究的一个切入点[J].中国中药杂志,2011, 15(36): 2017-2020.

LI Shao. Network target: a starting point for traditional Chinese medicine network pharmacology[J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2011, 15(36): 2017-2020.

[5]孙道平. 复杂网络方剂配伍研究[M]. 南京:南京大学出版社, 2012: 1-5.

[6]STROGATZ S H. Exploring complex networks[J]. Nature, 2001, 410(6825): 268-276.

[7]GIRVAN M, NEWMAN M E J. Community structure in social and biological networks[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences, 2002, 99(12): 7821-7826

[8]STROGATZ S H. Exploring complex networks[J]. Nature, 2001, 410(6825): 268-276.

[9]PALLA G, DERÉNYI I, FARKAS I, et al. Uncovering the overlapping community structure of complex networks in nature and society[J]. Nature, 2005, 435(7043): 814-818.

[10]WILKINSON D M, HUBERMAN B A. A method for finding communities of related genes[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2004, 101(Suppl 1): 5241-5248.

[11]WATTS D J. Six degrees: the science of a connected age[M]. Cambridge: Cambridge Univ Press, 2004:32-36.

[12]BARABÁSI A L, ALBERT R. Emergence of scaling in random networks[J]. Science, 1999, 286(5439): 509-512.

[13]PALLA G,DERENI I, FARKAS I,et al. Uncovering the overlapping community structure of complex networks in nature and society[J]. Nature, 2005, 435: 814-818.

[14]YANG Bo, CHEUNG W K, LIU Jiming. Community mining from signed social networks[J]. IEEE Trans on Knowledge and Data Engineering, 2007, 19(10): 1333-1348.

[15]胡爱萍. 关于中药药性理论现代化研究的思考[J]. 光明中医, 2006, 21(10): 20-22.

[16]刘正. 基于 MapReduce 的中药数据网络化及挖掘[D]. 南京:南京大学, 2012: 16-22.

[17]唐仕欢, 陈建新, 杨洪军, 等. 基于复杂系统熵聚类方法的中药新药处方发现研究思路六[J]. 世界科学技术, 中医药现代化, 2009, 11(2): 225-228.

Tang Shihuan, Chen Jianxin, Yang Hongjun, et al. Designing new tcm prescriptions based on complex system entropy cluster[J]. World Science and Technology (Modernization of Traditional Chinese Medicine and Materia Medica, 2009, 11(2): 225-228.

[18]PENG H, LONG F, DING C. Feature selection based on mutual information criteria of max-dependency, max-relevance, and min-redundancy [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2005, 27(8): 1226-1238.

2014 机器人、微机电一体化和人工智能国际会议

2014 International Conference on Robotics,

Micro-Mechanotronics and Artificial

2014 International Conference on Robotics, Micro-Mechanotronics and Artificial Intelligence (RMAI 2014) will be held from December 6 to December 7, 2014, in Shenyang, China. RMAI2014 is sponsored by Shenyang Aerospace University and co-sponsored by Shenyang University, Liaoning Shihua University, University of Management and Economics (Cambodia) . This conference is a premier international forum for scientists and researchers to present the state of the art of Robotics, Micro-Mechanotronics and Artificial Intelligence. Topics of interests are in the broad areas of Robotics, Micro-Mechanotronics and Artificial Intelligence.

Robotics: The design, manufacture, navigation, control, sensors, actuators, environmental perception, obstacle avoidance technology, formation technology and application of all kinds of robot like industrial robots, health robot, special robot, land robots, underground robot, aerial robot (also known as UAV), USV (Unmanned Surface Vehicle), underwater robot, space robot, parallel robot, nano-robots, etc.

Micro-Mechanotronics: advanced mechanotronics equipment, sensing and control of mechanotronics, intelligent actuator and materials, MEMS (Micro electro metro- mechanical system), NEMS (Nanoelectromechanical system), the application of microsystems and mechanotronics in life sciences, Networked electromechanical systems sensor and network, etc. Artificial Intelligence: troubleshooting, comprehensive health management, health forecast, fault-tolerant control, machine vision, image processing, biological characteristics and behavior analysis, pattern recognition and its application, neural network, SVM (support vector machine), fuzzy logic, artificial intelligence algorithm, control and optimization technique, expert system, decision support system (DSS), DM (data mining), etc.

website: <http://rmai2014.sau.edu.cn/>