

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2010.11.018

军用文书自动生成中表层实现的概率模型

郭忠伟¹, 桑殿伟², 郑华利³, 李洪峰¹(1. 解放军炮兵学院 2 系, 安徽 合肥 230031; 2. 预备役某炮兵团, 河南 平顶山 467000;
3. 中国人民解放军 63961 部队, 北京 100012)

摘要: 一种基于语料库的军用文书自动生成中表层实现的概率模型。运用最大熵模型, 把 N 元文法语法模型获取的生成文本中词汇间的同现概率信息、句法依赖树中的句法信息和属性信息进行有机结合, 生成文书文本。实验结果证明, 该模型可以逐个词汇地生成满足要求的文本。

关键词: 军用文书; 表层实现; N 元文法; 最大熵模型

中图分类号: N945.12; O236 **文献标识码:** A

Probability Model for Surface Realization in Automatic Generation of Military Document

Guo Zhongwei¹, Sang Dianwei², Zheng Huali³, Li Hongfeng¹(1. No. 2 Department, Artillery Academy of PLA, Hefei 230031, China;
2. Artillery Regiment of Reserve Duty Unit, Pingdingshan 467000, China;
3. No. 63961 Unit of PLA, Beijing 100012, China)

Abstract: A probability model based on the corpora for a surface realization in automatic generation of military document. This model organically combines the coincidence probability information between the lexis in the generation text, which was obtained from the N-gram by the maximum entropy model, with the information from the syntax and features in the dependence tree. Experiment result shows that the model the field of vocabulary may be produced the text to meet requirement one by one.

Keywords: military document; surface realization; N-gram; maximum entropy model

0 引言

自然语言生成 (Natural Language Generating, NLG) 是自然语言处理中非常活跃的一个领域, 有重要的应用价值。利用 NLG 技术可实现指挥信息系统中军用文书由“填空”式生成到“智能”式生成的转变。根据 Ehud Reiter^[1]提出的流线型体系结构, NLG 系统包括内容规划、句子规划和表层实现 3 部分。其中, 表层实现是把文本结构树形式的计算机内部文本进行线性化输出, 产生语法正确的文本。表层实现的方法有 M.Halliday 的系统功能语法 (SFG)、Kay 的功能合一语法 (FUG)、Chomsky 的转换生成语法 (TG)、语义中心词驱动算法、模板以及专门的表层实现软件包^[2]。其中, 模板方法是经过对大量的语料统计分析, 挖掘出能反映大部分情况的句子模式, 把固定不变的设置为常量, 需要变动的设置为变量, 但由于该方法没有明显的语义表示, 限制了它的应用。故在模板基础上, 提出一种基于语料库的军用文书自动生成表层实现概率方法, 可以逐个词汇地生成满足要求的文本。故在模板基础上给出一种基于语料库学习, 并与语义、

句法相结合的表层实现概率模型, 它运用最大熵模型^[3]把用 N 元文法 (N-gram) 模型^[4]获取的生成文本中的词汇间的同现概率信息以及句法信息^[5]和属性集信息进行有机结合, 以生成文书文本。

1 表层实现概率模型

1.1 属性—值对

对于指挥信息系统中的军用文书这个特殊的受限领域, 其语义表示完全可以采用“属性—值对”来表示。“属性—值对”就是把变动的情况当作属性, 并赋值, 可描述为:

$$A = (\langle f_0, v_0 \rangle, \langle f_1, v_1 \rangle, \dots, \langle f_n, v_n \rangle) \quad (1)$$

其中, $n \geq 0$, 而且 f_i 为属性, v_i 为 f_i 的值, 每个“属性—值对”可记作: $A(f_i) = v_i$ 。如在军用文书中敌情的一个“属性—值对” $\{\$ enemy_unit = 机步第 1 师第 1 旅, \$ place1 = 小岗, \$ time = 25 日 14 时 30 分, \$ place2 = 刘岗、李集\}$ 表示了句子:“蓝军机步第 1 师第 1 旅进至小岗地区时, 遭红军防御部队及地方武装的顽强抗击, 进攻受阻, 被迫于 25 日 14 时 30 分在刘岗、李集地区转入防御”。“属性

收稿日期: 2010-05-19; 修回日期: 2010-06-17

作者简介: 郭忠伟 (1974-), 男, 河南人, 博士, 副教授, 从事作战指挥、指挥自动化教学和科研工作研究。

一值对”形式的语义表示: 假定存在有大量的训练语料资料, 其中, 属性用相应的具体数值进行了代换。“属性一值对”的方法不需要建立语法和知识库, 解决了生成文本的属性顺序和词汇选择。

1.2 基于属性的概率模型

最简单的表层生成模型就是在给定“属性一值对”的情况下, 选择出训练语料中与属性相对应的、最常用的模板。 $out(A)$ 为与属性集 A 相对应的输出短语:

$$out(A) = \begin{cases} \arg \max_{phrase \in T_A} C(phrase, A) & T_A \neq \phi \\ \text{空字符串} & T_A = \phi \end{cases} \quad (2)$$

其中, T_A 为在训练语料库中与 A 相对应的短语集, $C(phrase, A)$ 是表达“属性一值对” A 的短语 $phrase$ 在训练语料中出现的频率, 其中, 短语的最大词汇数为 M 。该模型比较简单, 只是根据模板出现的频率来选择模板, 可以整句地生成文本, 但准确率较低, 并且, 当 A 是一个属性混合体时, 生成就会失败。因此, 模型中还应该考虑邻接词间的约束关系。

1.3 汉语 N 元文法模型

基于人们说话的习惯和汉语语法及语用规律, 每一个词对于紧随其后的词都有一种期望, 期望值越大的词就越优先出现。文法模型就是根据这一现象来计算下一个词的出现概率。

设一个短语包含的词序列为 $W = \{w_1 w_2 \cdots w_m\}$, 则该短语出现的概率为:

$$P(W) = P(w_1 w_2 \cdots w_m) = P(w_1) P(w_2 | w_1) P(w_3 | w_1 w_2) \cdots P(w_m | w_1 w_2 \cdots w_{m-1})$$

要可靠地估计出所有序列在所有长度词序列下的条件概率是不可能的, 因此, 用简化的 Markov 假定, 即假定在词串 W 中, 第 i 个词只与前面 $n-1$ 个词有关, 而与其它词无关, 即简单有效的 N 元文法 (N -gram) 模型^[4]:

$$P(w_i | w_1 w_2 \cdots w_{i-1}) = P(w_i | w_{i-(n-1)} \cdots w_{i-2} w_{i-1})$$

由 N 元文法模型可知, 词串 W 的概率为:

$$P(W) = P(w_1) \prod_{i=2}^n P(w_i | w_1 \cdots w_{i-1}) \quad (3)$$

N 元文法模型描述了词汇间的约束关系, 但也存在着一个严重的训练数据稀疏问题。对于词汇量为 V 的某种语言 L 来说, 其 N 元文法潜在有 V^N 个 N -gram, 这是一个极其庞大的数字, 以至于有些 N -gram 在整个语料中只出现一两次或根本就不出

现, 导致计算的结果不合理。为了可靠起见, 常用的模型均为 $N=1$, $N=2$, $N=3$ 的情况, 即一元、二元、三元模型。笔者选用三元模型。

原则上, N 元文法可以采用频率计数估计得到。例如, 对于一个三元文法:

$$p(w_i | w_{i-2} w_{i-1}) = \frac{t(w_{i-2}, w_{i-1}, w_i)}{b(w_{i-2}, w_{i-1})} \quad (4)$$

其中, $t(w_{i-2}, w_{i-1}, w_i)$ 是三元文法 w_{i-2}, w_{i-1}, w_i 在语料中的出现次数, $b(w_{i-2}, w_{i-1})$ 是二元文法 w_{i-2}, w_{i-1} 在语料中的出现次数。

1.4 基于三元文法和属性的概率模型

如果给一个“属性一值对”集合, 生成时最好选择能够准确描述输入属性, 并且具有最大出现概率的词序列。当生成一个词时, 需要用到局部信息和属性信息, 局部信息可以由 N -gram 模型获取。采用最大熵概率模型^[3]把局部信息和属性信息有机地结合起来, 估计词的出现概率。概率模型是在 $V \cup V_T$ 上的一个条件分布, V 是词汇集, 包含了训练语料中出现的所有词汇, V_T 是终止符。根据三元文法模型和属性一值对, w_i 的出现概率为:

$$p(w_i | w_{i-1}, w_{i-2}, attr_i) = \frac{\prod_{j=1}^k \alpha_j^{f_j(w_i, w_{i-1}, w_{i-2}, attr_i)}}{Z(w_{i-1}, w_{i-2}, attr_i)} \quad (5)$$

$$Z(w_{i-1}, w_{i-2}, attr_i) = \sum_{w'} \prod_{j=1}^k \alpha_j^{f_j(w', w_{i-1}, w_{i-2}, attr_i)}$$

其中, p 为概率; w_i 为短语中第 i 个词, 它覆盖了 $V \cup V_T$; $\{w_{i-1}, w_{i-2}, attr_i\}$ 为历史记录; $attr_i$ 为短语中在位置 i 上需要生成的属性; α_j 为 f_j 的权重, 可通过一种迭代算法^[3]来计算; f_j 称为特征, $f_j(a, b) \in \{0, 1\}$, 它从历史记录中获取信息来估计 $p(w_i | w_{i-1}, w_{i-2}, attr_i)$, 特征可通过匹配训练语料中的模式来建立, 如从二元语法模型模板导出的一个特征为:

$$f(w_i, w_{i-1}, w_{i-2}, attr_i) = \begin{cases} 1 & \text{if } w_i \text{ 是} \\ & w_{i-1} = \text{被迫} \\ & \text{stime} \in attr_i \\ 0 & \text{其它} \end{cases} \quad (6)$$

因此, 在给定“属性一值对” A 的情况下, 词序列 $W = w_1 w_2 \cdots w_n$ 的出现概率为:

$$P(W = w_1 w_2 \cdots w_n | len(W) = n, A) = \prod_{i=1}^n p(w_i | w_{i-1}, w_{i-2}, attr_i) \quad (7)$$

其中, $n \leq M$ (M 为最大句子词汇长度), $len(W)$

为词序列 W 的长度, w_{-1} 、 w_0 按不存在计算, 即转入一元、二元文法。

如果选取低频率出现的特征, 将会使得 N 元文法模型变得不可靠, 故这里的特征都必须在训练语料中出现超过一定的次数 K , K 要至少大于 3 次。

故“属性—值对” A 在表层实现中生成的最优短语为:

$$out(A) = \arg \max_{W \in W_{out}} P(len(W) = n)P(W | len(W) = n, A)$$

1.5 基于三元文法、句法和属性的概率模型

在上一部分的模型中预测出现的下一个词时, 有时在它前面的 2 个词并不能提供完整的信息, 这时还应该综合考虑与句法相关的信息。笔者假定语料都存在有如图 1 的短语句法依赖树, 其中, (-)、(+) 分别代表左右子结点。

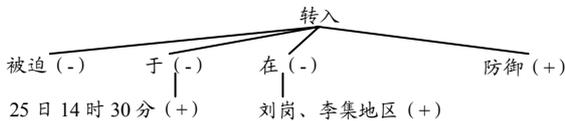


图 1 句子“被迫于 25 日 14 时 30 分在刘岗、李集地区转入防御”的句法依赖树

给定一个“属性—值对”集合, 生成文本时, 运用最大熵概率模型把三元文法获取的局部信息、句法信息和属性信息有机地结合起来, 通过估计句法树的出现概率, 来估计对应的短语的概率。句法树中子结点词的出现概率是在 $V \cup V_T$ 上的一个条件分布, V 是词汇集, 包含了训练语料中出现的所有词汇, V_T 是终止符。根据三元文法模型、句法依赖树和属性—值对, 第 i 个子结点 w_i 的出现概率为:

$$\begin{aligned}
 & p(ch_i(w) | w, ch_{i-1}(w), ch_{i-2}(w), par(w), dir, attr_{w,i}) \\
 &= \frac{\prod_{j=1}^k \alpha_j^{f_j(ch_i(w), w, ch_{i-1}(w), ch_{i-2}(w), par(w), dir, attr_{w,i})}}{Z(w, ch_{i-1}(w), ch_{i-2}(w), par(w), dir, attr_{w,i})} \\
 & Z(w, ch_{i-1}(w), ch_{i-2}(w), par(w), dir, attr_{w,i}) \\
 &= \sum_w \prod_{j=1}^k \alpha_j^{f_j(w', w, ch_{i-1}(w), ch_{i-2}(w), par(w), dir, attr_{w,i})} \quad (8)
 \end{aligned}$$

表 1 生成实验结果

模 型	参 数	准确/%	可接受/%	错误/%	没输出/%
基于属性		80	6	10	4
基于三元文法和属性	$M=30 K=3$	87	5	8	0
基于三元文法、句法和属性	$M=30 K=8$	90	4	6	0

例如, 当输入的“属性—值对”为 {enemy_unit=机步第 1 师第 2 旅, attack_place=大虎山, 黑山, time=25 日 14 时 30 分, defence_place=小庙镇} 时, 模型的输出是: “向大虎山方向进攻之敌, 其先头机步第 1 师第 2 旅进至黑山地区时, 遭红军防御部队顽强抗击, 进攻受阻, 被迫于 25 日 14 时 30 分在小

其中, p 为概率; $ch_i(w)$ 为结点 w 的第 i 个最近的子结点; $par(w)$ 为结点 w 的父结点; $dir \in \{left, right\}$ 表明了子结点为父结点的左右子结点; $attr_{w,i}$ 表明了当头结点 w 预测它的第 i 个子结点时, 在树中需生成的属性; α_j 为 f_j 的权重, 也可通过一种迭代算法来计算^[4]; f_j 称为特征, $f_j(a, b) \in \{0, 1\}$, 依照上一部分中的方法选取。

在给定属性 A 的情况下, 表达属性集的句法依赖树的出现概率可通过计算生成它的左右子结点的概率来求取, 生成时左右子结点相互独立。

句法依赖树中左边词序列的概率为:

$$\begin{aligned}
 & P_{left}(w | A) = P(left_child = n) \\
 & \prod_{i=1}^n p(ch_i(w) | w, ch_{i-1}(w), ch_{i-2}(w), par(w), dir = left, attr_{w,i}) \quad (9)
 \end{aligned}$$

句法依赖树中右边词序列的概率为:

$$\begin{aligned}
 & P_{right}(w | A) = P(right_child = n) \\
 & \prod_{i=1}^n p(ch_i(w) | w, ch_{i-1}(w), ch_{i-2}(w), par(w), dir = right, attr_{w,i}) \quad (10)
 \end{aligned}$$

其中, $P(left_child = n)$, $P(right_child = n)$ 分别表示左、右词序列长度为 n 的概率。

因此, 整个句法依赖树的概率为:

$$P(T | A) = \prod_{w \in T} P_{left}(w | A) P_{right}(w | A) \quad (11)$$

其中, T 为句法依赖树。

所以, “属性—值对” A 所对应的最优短语句法依赖树为:

$$out(A) = \arg \max_{T \in T_{out}} P(T | A) \quad (12)$$

1.6 实验结果

对于给定的描述敌情的训练语料集, 输入: {attack_place1, enemy_unit, attack_place2, time, defence_place}。

分别采用上述基于属性, 基于三元文法和属性, 基于三元文法、句法和属性的 3 种概率模型, 来生成表层文本, 其结果如表 1。其中, M 为最大句子词汇长度; K 为特征在训练语料中出现的次数。

庙镇地区转入防御”。

2 结论

实验结果证明, 该模型可以逐个词汇地生成满足要求的文本。由于该模型生成文本时无需建立知识库, 使用也比较方便。

(下转第 73 页)

MoveForward, 继续推进球; (f) 最终, 机器鱼把球顶入球门; 这一过程用时 47 s。

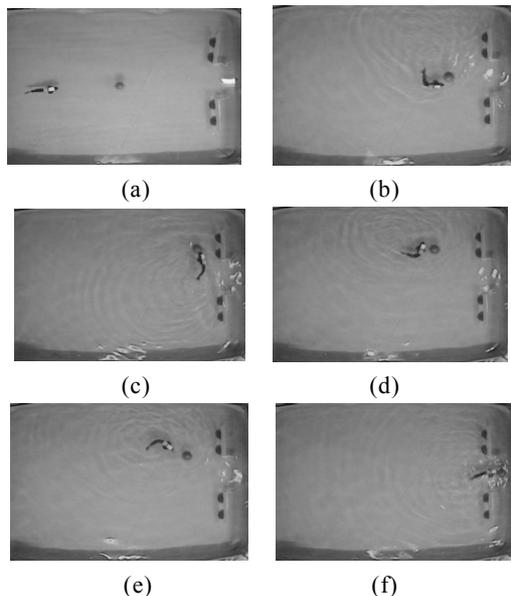


图 5 算法验证机器鱼行为示意图

采用算法进行单鱼顶球实验 20 次, 并记录进球时间, 机器鱼一次进球时间范围在 40~70 s, 且未出现进球任务不能完成情况; 而用前面提及的其他算法进行相同的实验, 一次进球时间大多在 50~240 s, 5 min 内还出现数次任务不能完成的情况, 证明了该算法的优越性 (因偶然性, 所以一次进球时间变化较大)。

4 结论

该算法充分考虑了水下环境的复杂性以及机器

鱼自身机械和运动的特殊性, 通过简单的基本动作和决策规则设计, 实现了机器鱼的高效进球, 是一种更有效、更健壮的顶球算法。目前, 该算法在水球比赛 1vs1 项目及技术挑战赛单鱼顶球项目中得到了较为成功的应用。但对于如何让机器鱼快速进入有效击球范围以及其他比赛项目涉及的避障、群体协作等问题, 该算法均未涉及, 还需要在以后的科研中做更深入的研究。

参考文献:

- [1] KIM J H. Third call for participation : micro - robot world cup soccer tournament 1996 (MiroSot'96) [EB/OL]. <http://vivaldi.kaist.ac.kr>.
- [2] 北京大学. 机器人水球比赛项目推介书[M]. 北京: 北京大学, 2009.
- [3] 刘宏志. 一种改进的射门算法[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2004, 36(7): 975-977.
- [4] 韩学东, 洪炳镛, 孟伟. 机器人足球射门算法研究[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2003(9): 1064-1066.
- [5] 喻俊志. 多仿生机器鱼控制与协调研究[D]. 北京: 中国科学院自动化研究所, 2003.
- [6] 孔峰, 陶金, 谢超平. 移动机器人路径规划技术研究[J]. 广西工学院学报, 2009(4): 70-74.
- [7] 黎章. 多水下机器人协作控制[R]. 北京: 北京大学, 2008.
- [8] 谢超平, 孔峰, 陶金. 基于模糊控制的仿生机器鱼转向控制研究[J]. 机器人技术与应用, 2009(4): 26-28.
- [9] Brooks R A. A Robust layered control system for a mobile robot. IEEE Journal of Robotics and Automation, RA-2(1): 14-23.
- [10] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [11] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [12] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [13] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [14] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [15] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [16] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [17] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [18] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [19] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [20] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [21] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [22] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [23] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [24] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [25] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [26] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [27] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [28] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [29] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [30] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [31] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [32] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [33] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [34] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [35] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [36] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [37] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [38] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [39] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [40] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [41] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [42] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [43] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [44] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [45] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [46] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [47] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [48] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [49] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [50] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [51] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [52] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [53] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [54] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [55] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [56] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [57] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [58] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [59] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [60] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [61] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [62] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [63] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [64] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [65] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [66] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [67] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [68] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [69] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [70] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [71] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [72] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [73] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [74] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [75] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [76] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [77] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [78] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [79] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [80] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [81] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [82] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [83] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [84] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [85] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [86] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [87] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [88] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [89] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [90] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [91] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [92] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [93] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [94] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [95] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [96] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [97] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [98] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [99] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.
- [100] 单建华. 基于行为的实时路径规划[J]. 控制工程, 2009(3): 367-370.

(上接第 62 页)

参考文献:

- [1] Ehud Reiter. Has a Consensus Generation Architecture Appeared, and is it Psycho linguistically Plausible, 1994.
- [2] Lynne Cahill and Mike Reape. Component tasks in applied NLG systems[R]. Technical Report ITRI-99-05, ITRI: University of Brighton, 1998.
- [3] Benoit Lavoioe, Owen Rambow. A Fast and Portable Realizer for Text Generation Systems[C]. Washington, DC: In Proceedings of the Fifth Conference on Applied Natural Language processing, 1997.
- [4] Adam Berger, Stephen A. Della Pietra, and Vincent J. Della Pietra. A Maximum Entropy Approach to Natural Language Processing[J]. Computational Linguistics, 1996, 22(1): 39-71.
- [5] Xuedong Huang, Fileno Alleva, Mei-Yuh Hwang, Ronald Rosenfeld. An overview of the SPHINX-II speech recognition system[C]. Princeton, New Jersey: In Proceedings of the workshop on Human Language