



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112182896 A

(43) 申请公布日 2021.01.05

(21) 申请号 202011076317.5

(22) 申请日 2020.10.10

(71) 申请人 北京理工大学

地址 100081 北京市海淀区中关村南大街5号

(72) 发明人 高利 赵亚男 王钧政 吴绍斌

(74) 专利代理机构 北京理工大学专利中心 11120

代理人 李爱英 付雷杰

(51) Int. Cl.

G06F 30/20 (2020.01)

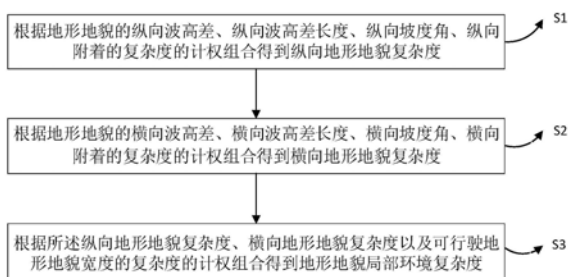
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

一种地形地貌局部环境复杂度计算方法

(57) 摘要

本公开的地形地貌局部环境复杂度计算方法,根据地形地貌的纵向波高差、纵向波高差长度、纵向坡度角、纵向附着的复杂度的计权组合得到纵向地形地貌复杂度;根据地形地貌的横向波高差、横向波高差长度、横向坡度角、横向附着的复杂度的计权组合得到横向地形地貌复杂度;根据所述纵向地形地貌复杂度、横向地形地貌复杂度以及可行驶地形地貌宽度的复杂度的计权组合得到地形地貌局部环境复杂度。能够全面反映不同路段的地形地貌的不平度,能够对无人车系统进行定量评价。



1. 一种地形地貌局部环境复杂度计算方法,其特征在于,所述方法包括:

根据地形地貌的纵向波高差、纵向波高差长度、纵向坡度角、纵向附着的复杂度的计权组合得到纵向地形地貌复杂度;

根据地形地貌的横向波高差、横向波高差长度、横向坡度角、横向附着的复杂度的计权组合得到横向地形地貌复杂度;

根据所述纵向地形地貌复杂度、横向地形地貌复杂度以及可行驶地形地貌宽度的复杂度的计权组合得到地形地貌局部环境复杂度。

一种地形地貌局部环境复杂度计算方法

技术领域

[0001] 本公开属于道路交通车辆技术领域,特别涉及一种地形地貌局部环境复杂度计算方法。

背景技术

[0002] 随着无人车辆的快速发展,越来越多的科技公司、汽车巨头开始研发无人车辆,各种类型的无人车辆大量涌现,其中很多已经取得上路资格。目前国内外有很多比赛或者测试用于对无人车辆进行测评,但是尚未形成标准体系,这不利于无人车朝着最优的方向发展。本课题组经过多年的测评研究,建立了基于复杂度的地面无人系统环境设计方法以及无人车定量评价方法。目前对道路环境进行分析的方法主要是根据路面不平度的概念,采用国际平整度指数IRI、平整度标准差 σ 或功率谱密度PSD等统计指标对路面不平度进行统计,例如,由《路面不平度表示方法草案》和《车辆振动输入一路面平度表示》两个文件可知,根据路面不平的功率谱密度,将路面分为八个等级。由于指标的单一性,仅仅能在一定程度上反映路段的不平度差异,但不具全面性。

发明内容

[0003] 有鉴于此,本公开提出了一种地形地貌局部环境复杂度计算方法,能够全面反映不同路段的地形地貌的不平度,对无人车系统进行定量评价。

[0004] 根据本公开的一方面,提出了一种地形地貌局部环境复杂度计算方法,所述方法包括:

[0005] 根据地形地貌的纵向波高差、纵向波高差长度、纵向坡度角、纵向附着的复杂度的计权组合得到纵向地形地貌复杂度;

[0006] 根据地形地貌的横向波高差、横向波高差长度、横向坡度角、横向附着的复杂度的计权组合得到横向地形地貌复杂度;

[0007] 根据所述纵向地形地貌复杂度、横向地形地貌复杂度以及可行驶地形地貌宽度的复杂度的计权组合得到地形地貌局部环境复杂度。

[0008] 本公开的地形地貌局部环境复杂度计算方法,根据地形地貌的纵向波高差、纵向波高差长度、纵向坡度角、纵向附着的复杂度的计权组合得到纵向地形地貌复杂度;根据地形地貌的横向波高差、横向波高差长度、横向坡度角、横向附着的复杂度的计权组合得到横向地形地貌复杂度;根据所述纵向地形地貌复杂度、横向地形地貌复杂度以及可行驶地形地貌宽度的复杂度的计权组合得到地形地貌局部环境复杂度。能够全面反映不同路段的地形地貌的不平度,能够对无人车系统进行定量评价。

[0009] 根据下面参考附图对示例性实施例的详细说明,本公开的其它特征及方面将变得清楚。

附图说明

[0010] 包含在说明书中并且构成说明书的一部分的附图与说明书一起示出了本公开的示范性实施例、特征和方面，并且用于解释本公开的原理。

[0011] 图1示出根据本公开一实施例的地形地貌局部环境复杂度计算方法流程图。

具体实施方式

[0012] 以下将参考附图详细说明本公开的各种示范性实施例、特征和方面。附图中相同的附图标记表示功能相同或相似的元件。尽管在附图中示出了实施例的各种方面，但是除非特别指出，不必按比例绘制附图。

[0013] 在这里专用的词“示范性”意为“用作例子、实施例或说明性”。这里作为“示范性”所说明的任何实施例不必解释为优于或好于其它实施例。

[0014] 另外，为了更好的说明本公开，在下文的具体实施方式中给出了众多的具体细节。本领域技术人员应当理解，没有某些具体细节，本公开同样可以实施。在一些实例中，对于本领域技术人员熟知的方法、手段、元件和电路未作详细描述，以便于凸显本公开的主旨。

[0015] 对于地形地貌局部环境复杂度复杂度的计算，目前主要有基于层次分析法复杂度计算方法、基于成本函数法的定量评价法、基于模糊层次分析法的定量评价等。根据道路参数特性，提出了一个新的复杂度计算方法：纵横波高差分布附着地形地貌复杂度算法。

[0016] 本公开依据车辆行驶平顺性路面统计特性分析方法及越野环境现场数据采集情况，确定地形地貌局部环境复杂度计算方法，称该方法也可以称为纵横波高差分布附着地形地貌复杂度算法。地形地貌局部环境（例如越野环境）道路特征主要有纵向特征、横向特征、可行驶宽度，其中纵、横向特征包括波高差、波间距、平均坡度、附着特性。

[0017] 图1示出根据本公开一实施例的地形地貌局部环境复杂度计算方法流程图。如图1所示，该方法可以包括：

[0018] 步骤S1：根据地形地貌的纵向波高差、纵向波高差长度、纵向坡度角、纵向附着的复杂度的计权组合得到纵向地形地貌复杂度。

[0019] 其中，纵向地形地貌复杂度的计算公式(1)为：

$$[0020] \quad W_x = l_{xgc} \cdot W_{xgc} + m_{x\alpha} \cdot W_{x\alpha} + n_{x\varphi} \cdot W_{x\varphi} \quad \text{式(1)},$$

[0021] 其中， l_{xgc} 为纵向波高差长度计权系数，例如可以取值为0.60， W_{xgc} 纵向波高差长度复杂度； $m_{x\alpha}$ 为纵向坡度角计权系数，例如可以取值为0.20， $W_{x\alpha}$ 为纵向坡度角复杂度； $n_{x\varphi}$ 为纵向附着计权系数，例如可以取值为0.20， $W_{x\varphi}$ 为纵向附着复杂度。

[0022] 纵向波高差长度复杂度 W_{xgc} 可以通过下面公式(2)计算得到，

$$[0023] \quad W_{xgc} = \frac{1}{5} \sum_{i=0}^4 \theta_{xgci} \cdot (W_{xg}^i + W_{xc}^i) \quad \text{式(2)},$$

[0024] 其中， W_{xg}^i 为第i个纵向波高差复杂度， W_{xc}^i 为第i个纵向波长复杂度， θ_{xgci} 为第i个纵向波高差宽度复杂度的计权，例如， θ_{xgc0} 可以取值为0.3， θ_{xgc1} 可以取值为0.3， θ_{xgc2} 可以取值为0.2， θ_{xgc3} 可以取值为0.1， θ_{xgc4} 可以取值为0.1。

[0025] 纵向波高差复杂度 W_{xg}^i 可以通过下面公式(3)计算得到，

$$[0026] \quad W_{xg}^i = \begin{cases} \frac{g_{x0}}{0.500} & (i = 0) \\ \frac{g_{xi}}{0.500} & (i \neq 0) \end{cases} \quad \text{式 (3)},$$

[0027] 其中, g_{x0} 为纵向最大波的高差, g_{xi} 为纵向第*i*个大波的高差。

[0028] 纵向波间长度复杂度 W_{xc}^i 可以通过下面公式 (4) 计算得到,

$$[0029] \quad W_{xc}^i = \begin{cases} \operatorname{sech} \left(k_{xc} \cdot \left| c_0 - \frac{1}{2\Omega_0} \right| \right) = \operatorname{sech} (k_{xc} \cdot |c_0 - \pi|) & (i = 0) \\ \operatorname{sech} \left(k_{xc} \cdot \left| c_{0i} - \frac{1}{2\Omega_0} \right| \right) = \operatorname{sech} (k_{xc} \cdot |c_{0i} - \pi|) & (i \neq 0) \end{cases} \quad \text{式 (4)},$$

[0030] 其中, k_{xc} 为纵向波间长度复杂度双曲正割系数, 例如可以取值为

[0031] 0.1; c_0 为纵向最大波的长度, c_{0i} 为纵向第*i*个大波到最大坡的长度。

[0032] 通过公式 (1) - 式 (4) 能够计算得到纵向波高差长度复杂度 W_{xgc} 。

[0033] 纵向坡度角复杂度 W_{xa} 可以通过计算公式 (5) 计算得到,

$$[0034] \quad W_{xa} = \tan \alpha \quad \text{式 (5)},$$

[0035] 其中, α 为纵向坡度角。

[0036] 纵向附着复杂度 $W_{x\varphi}$ 可以通过计算公式 (6) 计算得到,

$$[0037] \quad W_{x\varphi} = \operatorname{sech} (k_{x\varphi} \cdot \varphi_x) \quad \text{式 (6)},$$

[0038] 其中, $k_{x\varphi}$ 为纵向附着复杂度双曲正割系数, 例如可以取值为2.0。

[0039] 通过上述公式 (1) - 式 (6) 可以计算得到纵向地形地貌复杂度。

[0040] 步骤S2: 根据地形地貌的横向波高差、横向波高差长度、横向坡度角、横向附着的复杂度的计权组合得到横向地形地貌复杂度。

[0041] 横向地形地貌复杂度的计算公式 (7) 为,

$$[0042] \quad W_y = l_{y\beta} \cdot W_{y\beta} + m_{y\varphi} \cdot W_{y\varphi} + n_{y\varphi} \cdot W_{y\varphi} \quad \text{式 (7)},$$

[0043] 其中, $l_{y\beta}$ 为横向波高差宽度计权系数, 可以取值为0.6, $W_{y\beta}$ 为横向波高差宽度复杂度; $m_{y\varphi}$ 为横向坡度角计权系数, 可以取值为0.2, $W_{y\varphi}$ 为横向坡度角复杂度; $n_{y\varphi}$ 为横向附着计权系数, 可以取值为0.2, $W_{y\varphi}$ 为横向附着复杂度。

[0044] 横向波高差宽度复杂度 $W_{y\beta}$ 可以通过下面公式 (8) 计算得到,

$$[0045] \quad W_{y\beta} = \frac{1}{5} \sum_{j=0}^4 \theta_{y\beta j} \cdot (W_{y\beta}^j + W_{y\beta}^j) \quad \text{式 (8)},$$

[0046] 其中, $W_{y\beta}^j$ 为第*j*个横向波高差复杂度, $W_{y\beta}^j$ 为第*j*个横向波宽度复杂度, $\theta_{y\beta j}$ 为第*j*个横向波高差宽度复杂度的计权, 其中, $\theta_{y\beta 0}$ 可以取值为0.3, $\theta_{y\beta 1}$ 可以取值为0.3, $\theta_{y\beta 2}$ 可以取值为0.2, $\theta_{y\beta 3}$ 可以取值为0.1, $\theta_{y\beta 4}$ 可以取值为0.1。

[0047] 横向波高差复杂度 $W_{y\beta}^j$ 可以通过下面公式 (9) 计算得到,

$$[0048] \quad W_{y\beta}^j = \begin{cases} \frac{g_{y0}}{0.500} & (j = 0) \\ \frac{g_{yj}}{0.500} & (j \neq 0) \end{cases} \quad \text{式 (9)},$$

[0049] 其中, g_{y0} 为横向最大波的高差, g_{yj} 为横向第*j*个大波的高差。

[0050] 横向波宽度复杂度 $W_{y\beta}^j$ 可以通过下面公式 (10) 计算得到,

$$[0051] \quad W_{yk}^i = \begin{cases} \operatorname{sech} \left(k_{yk} \cdot \left| c_0 - \frac{1}{2\Omega_0} \right| \right) = \operatorname{sech} (k_{yk} \cdot |c_0 - \pi|) & (i = 0) \\ \operatorname{sech} \left(k_{yk} \cdot \left| c_{0i} - \frac{1}{2\Omega_0} \right| \right) = \operatorname{sech} (k_{yk} \cdot |c_{0i} - \pi|) & (i \neq 0) \end{cases} \quad \text{式 (10)},$$

[0052] 其中, k_{yk} 为横向波间宽度复杂度双曲正割系数, 可以取值为 0.1; c_0 为横向最大波的长度; c_{0i} 为横向第 i 个大波到最大坡的长度。通过上述公式 (7) - 式 (10) 能够计权得到横向地形地貌复杂度 W_y 。

[0053] 横向坡度复杂度 W_{yk}^j 可以通过下面公式 (11) $W_{y\beta} = \tan\beta$ 计算得到, β 为横向坡度角。

[0054] 横向附着复杂度 $W_{y\varphi}$ 可以通过下面公式 (12) $W_{y\varphi} = \operatorname{sech}(k_{y\varphi} \cdot \varphi_y)$ 计算得到, 其中, $k_{y\varphi}$ 为横向附着复杂度双曲正割系数, 可以取值为 2.0。

[0055] 通过公式 (7) - 式 (12) 可以计权得到横向地形地貌复杂度 W_y 。

[0056] 步骤 S3: 根据所述纵向地形地貌复杂度、横向地形地貌复杂度以及可行驶地形地貌宽度的复杂度的计权组合得到地形地貌局部环境复杂度。

[0057] 可行驶地形地貌宽度的复杂度可以通过公式 (13) 计算得到,

$$[0058] \quad W_k = e^{-k_k \cdot (k - \frac{1}{4}\lambda_0)} = e^{-k_k \cdot (k - \frac{\pi}{2})} \quad \text{式 (13)}$$

[0059] 其中, k_k 为可行驶地形地貌宽度的复杂度的双曲正割系数, 可以取值为 1.0。

[0060] 将纵向波高差长度复杂度 W_{xgc} 、横向地形地貌复杂度 W_y 、可行驶地形地貌宽度的复杂度 W_k 代入到公式 (14) 中, 计权组合得到地形地貌局部环境复杂度 W_{DX} ,

$$[0061] \quad W_{DX} = W_x \cdot p + W_y \cdot q + W_k \cdot r \quad \text{式 (14)},$$

[0062] 其中, W_{DX} 为地形地貌复杂度; W_x 为纵向地形地貌复杂度, p 为纵向地形地貌复杂度的计权, 可以取值为 0.40; W_y 为横向地形地貌复杂度, q 为横向地形地貌复杂度的计权, 可以取值为 0.40; W_k 为可行驶地形地貌宽度的复杂度, r 为可行驶地形地貌宽度的复杂度的计权, 可以取值为 0.40。通过上述公式 (1) - 式 (14) 可以计权组合得到地形地貌局部环境复杂度。

[0063] 本公开的地形地貌局部环境复杂度计算方法, 根据地形地貌的纵向波高差、纵向波高差长度、纵向坡度角、纵向附着的复杂度的计权组合得到纵向地形地貌复杂度; 根据地形地貌的横向波高差、横向波高差长度、横向坡度角、横向附着的复杂度的计权组合得到横向地形地貌复杂度; 根据所述纵向地形地貌复杂度、横向地形地貌复杂度以及可行驶地形地貌宽度的复杂度的计权组合得到地形地貌局部环境复杂度。能够全面反映不同路段的地形地貌的不平度, 能够对无人车系统进行定量评价。

[0064] 以上已经描述了本公开的各实施例, 上述说明是示例性的, 并非穷尽性的, 并且也不限于所披露的各实施例。在不偏离所说明的各实施例的范围和精神的情况下, 对于本技术领域的普通技术人员来说许多修改和变更都是显而易见的。本文中所用术语的选择, 旨在最好地解释各实施例的原理、实际应用或对市场中的技术改进, 或者使本技术领域的其它普通技术人员能理解本文披露的各实施例。

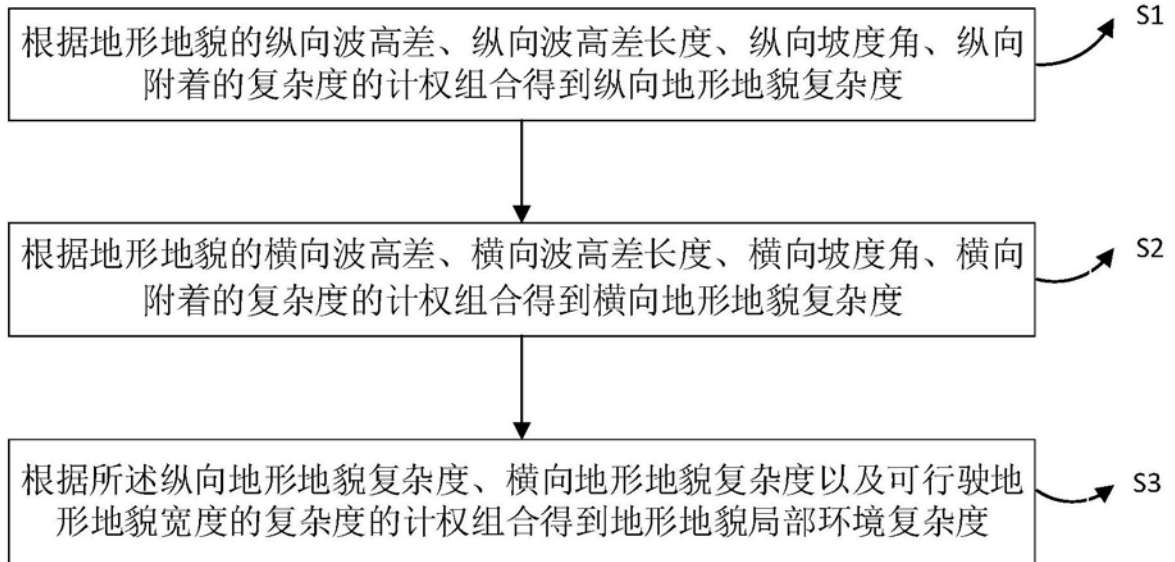


图1