用于抑郁症检测的手写与绘画：初步研究

Gennaro Raimo[1], Michele Buonanno[1], Massimiliano Conson[1], Gennaro Cordasco[1], Marcos Faundez-Zanuy[2], Stefano Marrone[3], Fiammetta Marulli[3], Alessandro Vinciarelli[4], 和 Anna Esposito[1]

[1] 坎帕尼亚"路易吉·范维特利"大学，心理学系，Viale Ellittico 31，81100 卡塞塔，意大利。{gennaro.raimo, massimiliano.conoson, gennaro.cordasco, anna.esposito}@unicampania.it [2] TecnoCampus Mataro-Maresme Escola Superior Politecnica Mataro，Carrer d'Ernest Lluch 32，08302 Matar´o，巴塞罗那，西班牙。faundez@tecnocampus.cat [3] 坎帕尼亚"路易吉·范维特利"大学，数学系，Viale Lincoln 5，81100 卡塞塔，意大利。{stefano.marrone, fiammetta.marulli}@unicampania.it [4] 格拉斯哥大学，计算机科学学院，18 Lilybank Gardens，G12 8RZ 格拉斯哥，苏格兰。alessandro.vinciarelli@glasgow.ac.uk

摘要。 过去两年与疫情相关的事件表明，寻找新工具来帮助心理健康专家诊断情绪障碍变得愈发重要。撇开长期新冠带来的认知影响（如注意力难以集中）和身体影响（如嗅觉丧失）不谈，新冠对心理健康的短期影响之一，是焦虑和抑郁症状显著增加。本研究旨在采用一种新工具——"在线"手写与绘画分析，区分健康个体和抑郁症患者。为此，研究招募了临床抑郁症患者（n = 14）、具有较高亚临床抑郁特质（通过测试而非医生诊断）的个体（n = 15）以及健康个体（n = 20），并要求他们使用数字化手写板和专用书写设备完成四项在线绘画/书写任务。研究从采集到的原始在线数据中提取了17项绘画/书写特征（分为五类），并通过重复测量方差分析比较了三组参与者的数据。结果表明，时间特征在区分健康参与者与具有亚临床抑郁特征的参与者方面更为有效。另一方面，流畅性和压力特征在区分临床抑郁症患者与健康参与者方面更为有效。

关键词： 抑郁症 · 在线手写/绘画特征 · 情绪 · 行为与情绪障碍

1 引言

近年来，情绪障碍（如抑郁症和焦虑）的发病率显著上升：2005年至2015年间，抑郁症和焦虑病例分别增加了18.4%和14.9%

。根据美国心理健康协会 [17](https://mhanational.org/) 报告的数据，2020年1月至九月，抑郁症筛查申请量较2019年增加了62%，用于评估焦虑的筛查申请量增加了93%。此外，焦虑和抑郁症状的严重程度也显著上升，约80%接受筛查的人表现出严重的焦虑和抑郁症状 [17]。这些数据表明，异常严峻且充满压力的疫情对全球人口的情感生活造成了巨大影响。此外，病例的增加也说明，寻找能够快速、有效地检测此类障碍是否存在的新工具变得更加重要。

情绪障碍（也称心境情感障碍）的特征包括认知症状（记忆和注意力集中困难、担忧/反刍思维、内疚、自我贬低）、情绪症状（情绪低落、悲伤、痛苦、易怒、绝望）、躯体症状（精力丧失、疲劳、体重减轻或增加、快感缺失、睡眠障碍）以及行为症状（精神运动性迟滞、社交退缩、回避、对愉悦活动失去兴趣、自杀意念和自杀行为）[6]。

因此，这些疾病的检测可以基于对行为信号的分析（言语、身体动作、生理数据、手写、文本分析和绘画；综述参见 [8]）。事实证明，这些信号高效、有效，且不受主观偏见影响。

具体而言，手写是其中一种已被证明有助于识别人们不同特征的方式：社会人口学信息，如年龄、国籍和性别 [1, 3]；人格特质 [7, 9]；神经退行性病变 [23]；甚至情绪状态 [4, 12]。鉴于这些研究结果，以及书写和绘画技能为大多数人所具备，可以认为有可能利用这两种技能识别并区分抑郁症患者。

多项研究采用运动学方法（分析动作）发现，健康组参与者比抑郁症患者速度更快 [13, 14]、准确度更高 [21]。然而，这些研究存在局限，因为它们只分析了特定组别或特定任务。就参与者而言，研究仅涉及老年人 [21] 或健康的年轻人（18 至 22 岁的学生）[13]；就任务而言，局限在于使用了不常见且不自然的任务（即画圆）[14, 21] 或压力负荷测试 [13]。Rosenblum [20], 同样采用运动学方法，发现压力分析有助于区分抑郁症患者与非临床参与者。此外，这项研究也只关注老年人。

与此前的研究不同，Gawda [10] 发现，抑郁症患者、边缘型患者和健康参与者之间的速度差异在统计学上并不显著。她仅发现震颤更多，且下降特征更明显。这些研究的结果并不一致，表明这一领域仍有待进一步澄清。

使用新工具来发现、区分和识别这些疾病也很有必要，因为近期的研究 [16, 24] 以及近些年来的欧洲社会都强调了预防项目对于早期发现抑郁症和焦虑的重要性。早期诊断有助于提高治疗效果，并更快地改善患者的整体健康状况。

据作者所知，现有文献中尚无研究采用我们的方法和任务，对健康组与临床组参与者进行比较。本文是一项试点研究，报告了对这两类参与者（临床组和健康组）的比较，并考察“在线”手写和绘画技能，以评估临床组参与者与典型参与者之间的差异。

2 用于检测抑郁症和焦虑的手写分析

得益于能够分析“在线”书写和绘画技能的工具，新技术使手写分析成为可能。这主要归功于铅笔和数位板的发展，它们能够分析诸如施加在纸上的压力、所用笔的倾斜度、完成一项任务所需的笔画数量等参数。

数据采集使用了 WACOM INTUOS 4系列数位板。由于标准笔无法在普通纸上书写，参与者无法像平时那样看到自己写下的笔画，因此我们将另一种能够显示笔画的笔 Intuos Inkpen 与数位板配对使用。这样一来，既可以通过纸张获取笔画信息，也可以通过数位板获取时间信息和空中运动等其他参数。

系统为多个任务收集数据，并将其记录在逗号分隔值（CSV）文件中。系统每 8 毫秒记录以下数据：

- 笔的二维坐标；
- Unix纪元时间（自1970年1月1日以来经过的毫秒数；
- 笔状态（在纸上=1 或在空中=0）；
- 用于描述纸相对于数位板位置的两个角度；
- 笔施加在纸上的压力大小，以整数值表示，范围为 0（无压力）至 255（最大压力）。笔施加在纸上的压力大小，以整数值表示，范围为 0（无压力）至 255（最大压力）。

3 参与者与方法

3.1 参与者

实验共涉及49名参与者（男性 = 15；平均年龄 =28.90；标准差 = 10.47），分组如下：

– 14名临床组（抑郁症患者）– 15名
DASS-重度组– 20名DASS-正常组

下表（表1）列出了社会个人特征（组别、平均年龄和年龄标准差）。

表1. 各组参与者的样本量（N）、平均年龄（M）和年龄标准差（SD）。CL = 临床组，SEV = DASS-重度组；NOR = DASS-正常组。

组别	N	M	SD
CL	14	39,86	14,40
SEV	15	24,53	2,72
N	20	24,50	2,42

在 Universit`a degli Studi della Campania “L. Vanvitellli”招募的健康参与者，只有满足以下纳入标准者才会被纳入：1. 右利手；2. 无神经系统、神经精神或心理疾病的临床诊断；3a. 对于 DASS-正常组，在抑郁、焦虑、压力三个分量表上的抑郁焦虑压力（DASS）量表评分均为“正常”；3b. 对于 DASS-重度组，在 DASS量表抑郁分量表上的评分为“重度”或“极重度”。

DASS量表 [2] 是一种自我报告测量，用于评估抑郁症、焦虑和压力等情绪状态。每个分量表由七个条目组成（共21个条目）。受试者采用4点李克特量表作答（从0：完全不适用于我；到4：非常适用于我或大部分时间都适用）。各分量表的得分表示症状严重程度，分为正常（健康个体）、轻度、中度、重度和极重度。

临床组的参与者是临床抑郁症患者，由心理健康专家（心理学家或精神科医生）正式诊断。临床组参与者也都是右利手。所有参与者均以意大利语为母语。

3.2 任务与特征

临床组和健康组的参与者完成了两种不同的实验方案（见图1），这两种方案包含四项绘画或书写任务：

1. 绘制两个五边形；2. 绘制一栋房屋；3. 用草写字母书写一个意大利语句子；4. 绘制一个带有小时刻度和时钟指针的时钟。

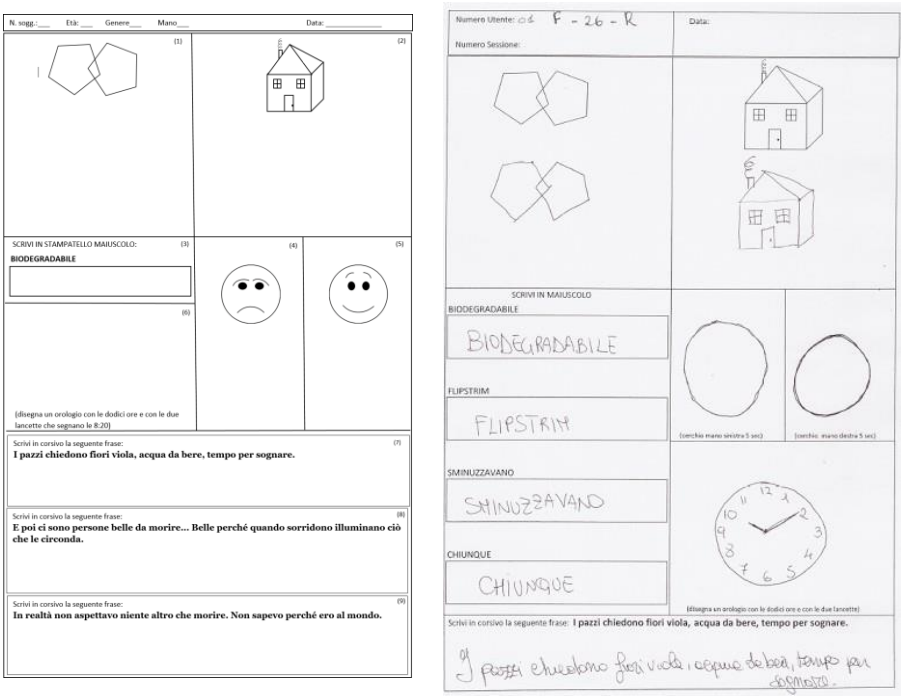

图 1.（左）临床组方案；（右）健康组方案（由一名参与者填写）。四项任务为两组共有。

“在线”数据采集使我们能够获取有关书写笔画参数的详细信息，例如轨迹、速度和时间特征。此外，该工具还能帮助我们检测在这一领域已被证明有用的特征，例如空中运动（笔靠近纸时的运动）[19, 22]。

本研究将特征分为三类，如 [3] 和 [4]所述：

– 悬空（但靠近纸面），笔状态为 0；– 落纸，笔状态为 1；– 闲置（远离纸面），不予记录，但可通过时间戳识别。

具体而言，我们考察了 17 项特征（其描述见 [3]），并将其分为五类：

a) 压力：特定任务期间笔施加在纸上的压力值（仅考虑纸上笔迹）；

1. Pmin，所施加压力的最低压力值；2. Pmax，所施加压力的最高压力值；3. Pavg，所施加压力的平均值；

4. Psd，所施加压力的标准差；5. P10，所施加压力的第10百分位数下限；6. P90，所施加压力的第90百分位数下限。

b) 流畅性：每种笔状态下的笔画数；
7. Nup，空中笔迹的数量；8. Ndown，纸上笔迹的数量；
9. Nidle，数位板未识别的特征总数。

c) 时间：完成任务所耗的总时间，按每种笔状态分别计算；
10. Tup，笔处于空中状态的时间；11. Tdown，笔处于纸上状态的时间；12. Tidle，数位板未识别笔状态的时间；13. Ttotal = Tup + Tdown + Tidle，完成任务所用的总时间。

d) 空间：笔画任务所占的空间（仅考虑纸上笔迹）；

14. Sbb，即通过计算包含该笔画的最小轴对齐包围盒并求其面积得到的值；15. Savg，即连续笔画之间空白间隔长度的平均值；16. Stotal，即连续纸上笔画之间空白间隔长度的总和。

e) 倾斜度；笔画倾斜度的数值。
17. Iavg，即包含笔画的包围盒对角线的平均倾斜度。

4 结果

我们进行了多项重复测量方差分析，以评估所考察特征在区分不同书写者组方面的有效性。我们针对每项任务和每类特征分别进行了方差分析。此外，将参与者所属组别（临床组/健康组）作为被试间因素，并将参与者在各项特征上的得分作为被试内因素。我们将显著性水平设为 α < 。05；最后，采用 Bonferroni 事后检验评估均值之间的差异。

下面我们将介绍各项特征类别的重要结果。原始数据和所有统计结果可应要求提供（gennaro.raimo@unicampania.it）。

4.1 流畅性

在笔画类别方面，结果显示各组之间存在显著差异，临床患者组与健康组之间存在差异。从描述性数据可以看出，随着抑郁状况加重，特征数量也随之增加。表2展示了所有组在所有任务中的得分描述。根据两两比较，在所考察的四项任务中，临床组与 DASS-正常组之间均存在差异

此外，在任务2、3、4中，临床组与 DASS-重度组之间存在差异。最后，在任务1中，DASS-重度组与 DASS-正常组之间存在差异。

按任务划分的统计数据如下：

a) 任务1：双五边形绘制：三组之间存在显著差异 [F (2; 46) = 13.222; p << .01]。临床组与 DASS-正常组之间存在显著差异（p << .01）。此外，DASS-正常组与 DASS-重度组之间也存在显著差异（p = .031）。b) 任务2：绘制房屋：三组之间存在显著差异 [F (2; 46) = 19.347; p << .01]。临床组与 DASS-正常组之间存在显著差异（p << .01）。此外，临床组与 DASS-重度组之间存在显著差异（p << .01）。c) 任务3：用草写字母书写意大利语句子：三组之间存在显著差异 [F (2; 46) = 18.090; p << .01]。临床组与 DASS-正常组之间存在显著差异（p << .01）。此外，临床组与 DASS-重度组之间存在显著差异（p < .01）。d) 任务4：绘制带有小时刻度和指针的时钟：三组之间存在显著差异 [F (2; 46) = 18.464; p << .01]。临床组与 DASS-正常组之间存在显著差异（p << .01）。此外，临床组与 DASS-重度组之间存在显著差异（p << .01）。

单独分析笔画类别的不同参数后，组间呈现出以下差异：

– Nup：临床组与DASS-正常组（所有任务：p << .01）。– Nup：临床组与DASS-重度组（任务2-3-4：p << .01）。– Ndown：临床组与DASS-正常组（所有任务：p << .01）。– Ndown：临床组与DASS-重度组（任务1：p = .045；任务2-3-4：p << .01）。– Nidle：临床组与DASS-重度组（任务2：p << .01）。

4.2 时间

对于时间类别，结果显示各组之间存在显著差异。同样，通过观察描述性数据可以发现，完成任务所需的时间受到当前抑郁状况的影响；抑郁状态越严重，所需时间越长。各任务和各组的评分详情见表3（仅报告存在显著差异的任务）。根据两两比较结果，任务1中DASS-正常组与DASS-重度组之间存在显著差异

表2。 按组别和任务分别列出的笔画类别表现（笔画数量）。数值以均值（标准差）表示。CL = 临床组，SEV = DASS-重度组，NOR = DASS-正常组

笔画类别			
TASK	**组**		
	CL	**SEV**	**NOR**
任务1	26.286 (3.480)	14.978 (3.362)	3.100 (2.912)
任务2	49.857 (4.167)	24.600 (4.304)	16.600 (3.494)
任务3	47.643 (3.665)	25.111 (3.541)	19.733 (3.066)
任务4	60.214 (3.927)	35.578 (3.794)	30.083 (3.286)

而任务3中临床组与DASS-正常组之间存在显著差异。在本研究考察的任务中，未发现其他显著差异。

按任务划分的统计数据如下：

a) 任务1：双五边形绘制：三组之间存在显著差异 [F (2; 46) = 4.068；p = .024]。DASS-正常组与DASS-重度组之间存在显著差异（p = .045）。b) 任务3：用草写字母书写意大利语句子：三组之间存在显著差异 [F (2; 46) = 6, 580；p = .003]。临床组与DASS-正常组之间存在显著差异（p = .002）。

表3。 各组和各任务在时间类别上的表现（耗时，单位为毫秒）。数值以均值（标准差）表示。CL = 临床组，SEV = DASS-重度组，NOR = DASS-正常组。

时间类别			
TASK	**组**		
	CL	**SEV**	**NOR**
任务1	17675.821 (1556.496	12131.050 (1503.718)	7096.075 (1302.258)
任务2	23026.286 (2020.529)	18031.850 (1952.016)	13494.300 (1690.496)

单独分析时间类别的不同参数后，各组之间呈现出以下差异：

– 向上时间：临床组与DASS-正常组（任务1：p = .002；任务3：p = .001）– 向上时间：DASS- 正常组与 DASS- 重度组（任务 1：p = .039 ） – 向下时间：临床组与DASS-正常组（任务3：p = .01）– 空闲时间：DASS-正常组与DASS-重度组（任务1：p = .032）– 总时间：临床组与DASS-正常组（任务3：p = .002）– 总时间：DASS-正常组与DASS-重度组（任务1：p = .045）

4.3 压力

压力类别方面，结果也显示各组之间存在显著差异。与其他两个类别不同，随着抑郁状态加重，施加在纸上的压力趋于减小。查看描述性数据可以发现，健康个体施加的压力更大。两两比较显示，在任务1和任务2中，临床组与DASS-正常组之间存在差异。本研究考察的其他任务均未出现显著差异。表4分别描述了各组在各任务压力类别中的得分（仅报告存在显著差异的任务）。

按任务划分的统计数据如下所示：

a) 任务1：双五边形绘制：三组之间出现显著差异 [F (2; 46) = 9.101；p << .01]。临床组与DASS-正常组存在显著差异（p << .01）。b) 任务2：房屋绘制：三组之间出现显著差异 [F (2; 46) = 4.555；p = 0.016]。临床组与DASS-正常组存在显著差异（p = .020）。

表4。 压力类别中笔在纸上施加的压力所对应的表现，按组别和任务分别列出。数值表示为平均值（标准差）。CL = 临床组；SEV = DASS-重度组；NOR = DASS-正常组。

压力类别			
TASK	**组**		
	CL	**SEV**	**NOR**
任务1	369.646 (22.644)	446.241 (21.876)	495.572 (18.945)
任务2	339.659 (23.303)	417.886 (22.513)	426.029 (19.497)

对压力类别的各项参数逐一进行分析后，组间呈现出以下差异：

– Pmax：临床组与DASS-正常组（任务1：p = .015）。– Pmin：临床组与DASS-正常组（任务2：p = .003）。– Pavg：临床组与DASS-正常组（任务1：p << ..01；任务2：p = .018）– P10：临床组与DASS-正常组（任务1：p << .01；任务2：p = .001）– P10：临床组与DASS-重度组（任务1：p = .021；任务2：p = .019）– P90：临床组与DASS-正常组（任务1：p = .002；任务2：p = .042）

5 讨论

最新的全球疾病负担研究[11] 估计，1990年至2017年，抑郁症在全球伤残调整生存年（YLD）的致因中排名第三。此外，抑郁症也是导致自杀的首要原因，全球估计有800.000名受害者；而且，它是15至29岁[5]人群的第二大死因。

经历负性生活事件，例如疫情或社交隔离封锁，可能会增加罹患抑郁症的几率，即使多年之后也是如此 [15]。考虑到未来几年内灾难性事件（即疫情或社交封锁）可能再次发生，开发能够及早、快速识别抑郁症的新工具至关重要。

其他研究已经表明，通过行为分析可以区分病理性/亚临床患者与健康参与者 [4,8,10]；这种方法不仅适用于情绪障碍，也适用于阿尔茨海默病（AD）及相关痴呆症 [18]。

因此，本研究表明，可以利用在线手写和绘画特征，区分患有抑郁症的临床患者与非临床参与者。这些特征取自特定任务，例如绘制两个五边形（任务1）、房屋（任务2）以及带有十二个小时刻度和时钟指针的时钟（任务4），以及书写草写字母（任务3）；研究重点关注由流畅性、压力和时间测量指标得出的特征。

具体而言，时间测量指标能够有效区分健康个体与具有亚临床抑郁特征的参与者。相比之下，流畅性和压力测量指标则适合区分健康组参与者与临床组抑郁参与者。

本研究的局限性显然在于参与者人数相对较少，且样本中女性多于男性。

未来研究旨在扩大受试者样本，以获得更多证据；若样本在性别和年龄方面也能匹配，则效果更佳。此外，可以运用机器学习技术分析数据，以提高这一实验范式的可靠性和有效性，并实现较高的分类准确率。最后，未来目标还可包括实现对情绪障碍的全面自动检测，并推动所有这些进展在临床领域的应用。

6 结论

根据本研究结果，手写分析似乎是一种有前景的工具，可加快抑郁症诊断，提供量化指标，并降低与冗长专业访谈相关的医疗保健费用。

此外，这种方法能够提供更可靠、更有效的结果，因为它不受主观评估偏差的影响；这种偏差可能存在于患者和心理健康专家双方，并可能影响诊断。

总之，本研究旨在探讨如何利用书写和绘画技能检测抑郁症：厘清文献中关于这一主题的相互矛盾的研究结果

建立一种适用于此类评估的具体、有效、快速且尤其标准化的方法；激发科学界及所有对这一研究领域感兴趣的研究人员的兴趣。

致谢 本研究成果得到了以下项目的资助：由坎帕尼亚大学“路易吉·范维特利”2019年 V:ALERE 计划资助的 ANDROIDS 项目，D.R. del / / prot. n. / /；意大利教育、大学与科研部通过2015—2020年国家研究计划（D.D. 1735，2017年7月13日）资助的 SIROBOTICS 项目；以及欧盟 H2020 研究与创新计划根据资助协议 N. 769872（EMPATHIC）和 N. 823907（MENHIR）提供的资助。

参考文献

1. Al Maadeed, S., Hassaine, A.: 离线手写中的年龄、性别和国籍自动预测。EURASIP 图像与视频处理期刊 **2014**(1), 1–10 (2014) 2. Bottesi, G., Ghisi, M., Alto`e, G., Conforti, E., Melli, G., Sica, C.: 抑郁焦虑压力量表-21的意大利语版本：社区与临床样本中的因子结构和心理测量特性。《综合精神病学》**60**, 170–181 (2015) 3. Cordasco, G., Buonanno, M., Faundez-Zanuy, M., Riviello, M.T., Likforman-Sulem, L., Esposito, A.: 通过手写进行性别识别：一种在线方法。载于：2020年第11届 IEEE 国际认知信息通信会议 (CogInfoCom)。第000197–000202页。IEEE (2020) 4. Cordasco, G., Scibelli, F., Faundez-Zanuy, M., Likforman-Sulem, L., Esposito, A.: 用于检测负面情绪的手写与绘画特征。载于：意大利神经网络研讨会。第73–86页。Springer (2017) 5. Depression, W.: 其他常见精神障碍：全球健康估算。日内瓦：世界卫生组织 **24** (2017) 6. Edition, F., 等：精神障碍诊断与统计手册。美国精神病学会 **21**, 591–643 (2013) 7. Esposito, A., Amorese, T., Buonanno, M., Cuciniello, M., Esposito, A.M., Faundez- Zanuy, M., Likforman-Sulem, L., Riviello, M.T., Troncone, A., Cordasco, G.: 用于检测人格特质的手写与绘画特征。载于：2019年第10届 IEEE 国际认知信息通信会议 (CogInfoCom)。第79–84页。IEEE (2019) 8. Esposito, A., Raimo, G., Maldonato, M., Vogel, C., Conson, M., Cordasco, G.: 抑郁状态的行为情感分析。载于：2020年第11届 IEEE 国际认知信息通信会议 (CogInfoCom)。第000209–000214页。IEEE (2020)

9. Gavrilescu, M., Vizireanu, N.：根据手写预测大五人格特质。EURASIP 图像与视频处理期刊 **2018**(1), 1–17 (2018) 10. Gawda, B.：抑郁症的图形标记缺乏有力证据。《知觉与运动技能》**117**(1), 304–318 (2013) 11. GBD 等：195个国家和地区在1990年–2017年间354种疾病和损伤的全球、区域和国家发病率、患病率及伤残生存年：2017年全球疾病负担研究的系统分析。合作者 (2018)

12. Likforman-Sulem, L., Esposito, A., Faundez-Zanuy, M., Cl´emen¸con, S., Cordasco, G.：Emothaw：用于从手写和绘画中识别情绪状态的新型数据库。IEEE 人机系统汇刊 **47**(2), 273–284 (2017) 13. Mashio, Y., Kawaguchi, H.：利用手写时长参数检测心理健康恶化的早期症状。《神经精神药理学报告》**40**(3), 246–253 (2020) 14. Mergl, R., Juckel, G., Rihl, J., Henkel, V., Karner, M., Tigges, P., Schr¨oter, A., Hegerl, U.：抑郁症患者书写动作的运动学分析。《斯堪的纳维亚精神病学学报》**109**(5), 383–391 (2004) 15. Phillips, A.C., Carroll, D., Der, G.：负性生活事件与抑郁和焦虑症状：压力致因和／或压力生成。《焦虑、压力与应对》**28**(4), 357–371 (2015) 16. Purebl, G., Petrea, I., Shields, L., T´oth, M., Sz´ekely, A., Kurimay, T., Abello, K.：心理健康与福祉联合行动。《抑郁症、自杀预防与电子健康：现状分析与行动建议》(2015) 17. Reinert, M., Fritze, D., Nguyen, T.：2022年美国心理健康状况。美国心理健康协会 (2021) 18. Rentoumi, V., Paliouras, G., Danasi, E., Arfani, D., Fragkopoulou, K., Varlokosta, S., Papadatos, S.：通过自动检测语言指标来早期发现阿尔茨海默病及相关痴呆症：计算语言学分析。载于：2017年第8届IEEE国际认知通信会议 (CogInfoCom)。第000033–000038页。IEEE (2017) 19. Rosenblum, S., Parush, S., Weiss, P.L.：空中书写现象：书写过程的时间和空间相关特征。《知觉与运动技能》**96**(3), 933–954 (2003) 20. Rosenblum, S., Werner, P., Dekel, T., Gurevitz, I., Heinik, J.：轻度重性抑郁障碍老年人的书写过程变量：初步研究。《老化临床与实验研究》**22**(2), 141–147 (2010) 21. Schr¨oter, A., Mergl, R., Bürger, K., Hampel, H., M¨oller, H.J., Hegerl, U.：阿尔茨海默病、轻度认知障碍、抑郁症患者及健康受试者书写动作的运动学分析。《痴呆与老年认知障碍》**15**(3), 132–142 (2003) 22. Sesa-Nogueras, E., Faundez-Zanuy, M., Mekyska, J.：在线手写中空中轨迹与表面轨迹的信息分析。《认知计算》**4**(2), 195–205 (2012) 23. Taleb, C., Khachab, M., Mokbel, C., Likforman-Sulem, L.：基于手写进行帕金森病识别的特征选择与改进。载于：2017年第1届阿拉伯文字分析与识别国际研讨会 (ASAR)。第52–56页。IEEE (2017) 24. van Zoonen, K., Buntrock, C., Ebert, D.D., Smit, F., Reynolds III, C.F., Beekman, A.T., Cuijpers, P.：预防重性抑郁障碍的发生：心理干预的荟萃分析综述。《国际流行病学杂志》**43**(2), 318–329 (2014)