

可视化与人工智能交叉研究综述

夏佳志^{1*}, 李杰^{2*}, 陈思明³, 秦红星⁴, 刘世霞⁵

1. 中南大学, 计算机学院, 长沙 410083

2. 天津大学, 智能与计算学部, 天津 300072

3. 复旦大学, 大数据学院, 上海 200433

4. 重庆大学, 计算机学院, 重庆 400044

5. 清华大学, 软件学院, 北京 100083

* 通信作者. E-mail: xiajiazhi@csu.edu.cn, jie.li@tju.edu.cn

国家自然科学基金面上项目 (批准号: 61872389, 61972278, 61936002, 61772097)、国家重点研发计划 (批准号: 2018YFC0831700)、天津市自然科学基金 (批准号: 20JCQNJC01620)、上海市重大专项 (批准号: 2021SHZDZX0103, 2018SHZDZX01) 和上海市 2021 “科技创新行动计划” 扬帆计划 (批准号: 21YF1402900)

摘要 随着人工智能技术的突破性进展, 人工智能与可视化的交叉研究成为当前的研究热点之一, 为人工智能和大数据分析领域的若干核心难题提供了启发式的理论、方法和技术. 一方面, 人工智能技术的创新应用提升了可视化的分析效率, 拓展了分析功能, 为大数据可视分析提供了强有力的工具. 另一方面, 可视化技术增强了以深度学习为代表的人工智能的可解释性和交互性, 为可解释人工智能提供了可靠的技术基础. 本文从面向人工智能的可视化技术和人工智能驱动的可视化技术两个相向的方向, 分别介绍了数据质量改善、可解释机器学习、智能特征提取、可视化自动布局与生成、智能交互、智能故事叙述等 6 个重要问题. 对国内外的研究进展进行了分析, 并对发展趋势进行了展望.

关键词 可视化, 可视分析, 人工智能, 可解释机器学习, 自动可视化

1 引言

可视化与可视分析利用高带宽的视觉感知通道, 将数据转换为图形表达, 辅以交互手段, 以增强人对数据的认知能力, 在态势感知、关联分析、决策辅助等方面展示了强大的赋能作用. 随着以深度学习为代表的人工智能技术的突破性进展, 面向人工智能的可视化 (VIS for AI) 和人工智能驱动的可视化 (AI for VIS) 受到了可视化、机器学习、数据挖掘等领域的高度关注.

一方面, 可视化与可视分析在改善人工智能的基础数据质量和可解释性方面发挥了巨大作用 [209]. 高质量训练数据是高性能人工智能应用的必要前提. 针对异常检测、数据标记等需要大量人工劳动的任务, 利用可视化与可视分析技术提高其效率, 是当前的研究热点之一 [5, 20, 24]. 更令人瞩目的是人工智能的可解释性问题. 以深度神经网络为例, 它具有非线性非凸、多层结构、海量参数、弱语义特征等特点, 被认为是一个难以解释的“黑盒子” [1]. 在自动驾驶、智能医疗、金融投资等高风险决

策领域,可解释性成为阻碍领域技术发展的瓶颈问题.可视化可以帮助提升机器学习的透明度,增强人对大规模复杂机制的认知能力.各领域在基于可视化的深度学习解释方法方面进行了大量的研究工作,例如患者未来状态预测结果 [145],机器人训练策略 [95],以及自然语言处理任务 [67].

另一方面,人工智能技术的进步为可视化与可视分析的发展提供了强有力的工具.针对复杂数据、复杂模式等需要呈现大量信息的可视化任务,利用机器学习技术能够去除数据噪声,提取关键信息,从而减少视觉混乱,增强可视化效果 [133,174,180].同时,利用人工智能技术拟合数据特征和可视编码也为可视化布局带来了新的机遇.数据特征和可视编码的结合催生了更具表现力的可视化设计 [127,128];利用人工智能技术的海量数据自动化布局避免了耗时的数据操作和数据计算 [123,228];人工智能技术还被应用于解决大规模数据可视化中的交互效率难题,例如体数据渲染中智能视角选择 [165],区块链智能合约交互式构建 [148]和大型网络的交互式可视探索 [174].

因此,有必要对“AI+VIS”这一研究趋势进行及时而全面的总结和分析.在VIS for AI方面,国内外学者展开了广泛研讨 [34,111,179,207].Yuan等 [209]对用于机器学习的可视分析技术进行了系统的调研,并根据机器学习的流程提出了一个分类:模型构建之前的技术,模型构建期间的技术以及模型构建之后的技术.Sacha等 [207]基于21篇代表性论文,对VIS4ML(面向机器学习的可视化)的作用阶段和机制进行了分析,提出了通用的概念本体.Hohman等 [111]对深度学习中的部分可视化技术进行了分类和总结,从目的、使用者、可视化对象、可视化方法、使用阶段、应用场景等角度对相关论文进行了整理.Zhang等人 [179]对卷积神经网络的可视化可解释方法进行了综述.Liu等 [34]从深度学习模型的理解、诊断和改进三个方面对可视化方法进行了综述.但这些综述往往只包括了少部分工作 [207],或涵盖的类型不全 [111,179],或未能包括最新的进展 [34].在人工智能驱动的可视化方面,目前还没有系统的综述.因此,我们从面向人工智能的可视化和人工智能驱动的可视化两个角度对当前的研究进展进行总结.希望能够帮助可视化领域和人工智能领域的研究者增强对彼此工作的了解,进一步促进可视化与人工智能交叉研究的发展.

2 面向人工智能的可视化

按照人工智能的处理阶段、可视化的对象和可视化的目的,可以将人工智能中的可视化与可视分析技术归结为如下两类:

数据质量改善.数据质量改善处于人工智能应用的前序阶段,为其提供高质量的数据基础.在这一阶段,可视化的对象是各类基础数据.由于数据规模和复杂性的快速增长,传统的数据预处理方法面临着低处理效率、高人工代价等问题.近年来,可视化与可视分析被广泛应用于改善数据质量,辅助数据处理与决策,取得了较好的效果 [39,78].

基于可视化的可解释机器学习.模型构建与训练是人工智能技术的核心阶段.在这一阶段,可视化的对象包括模型结构、模型参数、模型输入、模型输出和各类中间数据.可视化将这些数据转换为图形表达,作为认知媒介,并结合交互分析界面,帮助专家理解、诊断和调试各类模型,增强机器学习的可解释性和改善模型性能.

在本节中,我们将对这两类工作近年来的进展分别进行阐述.

| ic 数据质量改善

可视化领域进行了大量关于数据质量改善的工作 [3]. 数据质量缺乏一个统一的定义 [102]. 但一般认为, 数据质量的定义与应用问题密切相关, 它表示数据在某一领域问题上可用的程度 [105]. 近年来, 可视化领域关注的的数据质量问题主要包括数据异常、数据标签和数据隐私三个方面.

| icic 数据异常

异常是指数据中与正常行为不同的模式. 它是影响数据质量的重要因素. 一方面, 异常的定义依赖于具体场景和应用需求, 异常模式经常随着时间改变, 自动化检测方法难以准确捕捉所有类型的异常 [2]; 另一方面, 自动化检测方法往往缺乏可解释性, 用户难以信任. 因此, 研究者采用可视化技术将各类数据映射为图形元素, 构造交互式分析环境, 以支持用户识别、理解和处理异常.

在检测高维数据中的异常时, 常用降维 + 散点图、平行坐标图等方法对高维数据集进行可视化, 以支持用户在视觉上识别异常. 例如, Butscher 等人 [110] 使用增强现实设备展示平行坐标图, 来协助用户识别高维数据中的异常. 但在数据维度增长时, 高维数据的投影区分效果下降较快, 而平行坐标图等方法则遇到了可伸缩性问题. 为此, Wilkinson 和 Leland [35] 提出了一个面向可视化的高维数据异常检测算法. 面对维度类型多样、高维、非正态分布等具有挑战性的数据特征, 这种方法能够取得较好的效果. 此外, Liu 等人 [20] 提出了检测训练数据集 Out-of-Distribution(OoD) 问题的可视分析方法. Cao 等人则从可视化设计 [109]、可视分析系统设计 [16] 等方面对多维数据的异常展开了研究工作. Qu 等人 [17] 为多维数据中异常值的解释提出了可视分析解决方案.

时序数据中的异常也受到了大量的关注. 例如 Gschwandtner 等人 [18] 使用热力图呈现时序数据, 帮助发现异常. 对于较为复杂的数据类型, 研究者针对性地设计了数据表达与图形表达. 例如针对时序事件数据中的集体异常, Tao 等人 [6] 提出建立高阶关联图以表达事件之间的联系, 并设计了可视分析系统帮助用户进行交互式分析. Xie 等人 [4] 针对高性能计算中运行时行为异常检测问题, 将其规约为调用堆栈树的异常检测问题, 并采用投影、节点链接图等视图进行表达. Bögl 等人 [13] 针对多维周期数据异常, 提出了基于马氏距离的周期图. 更多的研究致力于大规模数据处理, 采用机器学习方法对异常进行直接检测或度量, 依据检测或度量结果推荐给用户, 并进行进一步的交互式分析 [19, 36]. 典型的工作包括分析网络安全流数据中的异常 [108] 等. 针对带有缺失值的时序数据可视化问题, Song 等人 [79] 对折线图和柱状图等常用可视化方法的性能进行了评估, 并给出了使用建议. 此外, 还有部分研究与应用结合较为紧密, 例如 Qu 等人的云计算系统异常性能检测 [37]、慕课数据异常行为检测 [11] 等工作, Cao 等人关于智能工厂生产过程异常检测 [12]、医疗检测数据异常检测 [223] 的系列工作, Zhao 等人关于无线通信异常检测 [172]、智能工厂耐久测试异常检测 [222] 等工作.

针对图数据, Fan 等人 [5] 提出结合主动学习的可视分析方法, 通过迭代标记来检测网络异常. 针对数据中的不确定性, Zhao 等人 [231] 对模糊聚类的可视化效果进行了评估. 在时空地理数据的异常发现方面, Cao 等人进行了多项工作 [14, 15, 80].

| 数据标签

数据标签是指附加到数据对象上的可被计算机识别和分析的关联信息。它是有监督学习等多种机器学习、数据挖掘、数据分析应用中的必要信息 [21]。数据标记的时间成本和人力成本都比较高。可视分析可以支持用户高效地探索和理解数据, 识别数据中类别、异常等模式, 加速数据标注的速度。按照有无标签信息分类, 现有的可视分析工作可以分为标签质量改善和交互式标注两类。

针对分类标签错误, Xiang 等人 [25] 设计了层次化 t-SNE 方法以查看图像数据集, 结合自动纠正算法, 迭代地对标签进行纠正 (请参考文献 [25] 中的图 1)。类似地, Bauerle 等人 [24] 设计了基于矩阵和散点图的可视化方法, 允许用户迭代地纠正错误标签和改进分类器性能。在众包模式中, 错误标签往往集中在部分参与人的标注结果上。针对该问题, Park 等 [23] 设计了一个可视分析系统, 用于改善临床图像数据众包标注参与人的工作质量。Liu 等人 [22] 提出了交互式可视分析工具 LabelInspect, 以识别不可靠的标签实例和众包工人。

交互式标注通过可视化方法给无标签的数据进行标注, 可以分为两类策略。第一类是基于数据的策略, 通过可视化布局来展示数据的相似关系, 或通过过滤和排序来支持选择相似数据。Kurzahls 等人 [27] 为了给视频标注感兴趣区域, 对视频的缩略图进行聚类并集中展示。Khayat 等人 [26] 使用降维方法在散点图中揭示社交媒体用户行为的相似关系, 以帮助标注垃圾邮件机器人。Halter 等人 [28] 则基于电影中使用的主要色彩策略进行布局。Rooij 等人 [107] 使用属性对视频片段进行过滤; Stein 等人 [106] 则提供了一个基于规则的过滤引擎来发现足球比赛视频的有趣模式。第二类是基于模型的策略, 将可视分析与主动学习模型结合 [29], 用户只需要标注少量范例输入到主动学习模型中, 通过迭代修改与学习来完成标注任务。这一类方法还包括文本注释 [30]、轨迹分类 [81]、相关推特识别 [82] 和序列数据检索 [83] 等。Bernard 等人 [31] 对两种策略进行了评估。结果表明, 在早期阶段基于数据的策略的效果较好。但在之后的阶段中, 基于模型的策略的效果会更好。此外, 协同众包方法也被用于数据标注 [205]。

| 数据隐私

在多个实际场景中, 数据隐私保护成为人工智能技术能否落地的先决问题。例如, 欧盟颁布的《通用数据保护条例》对数据隐私保护提出了严格的要求。近年来, 隐私保护在可视化与可视分析领域中受到越来越多的重视。与全自动化方法相比, 可视分析方法具有两个主要优势 [9]: (1) 可视化在整个隐私保护策略制定过程中提供了更好的透明度, 包括识别、检查和解决数据集中的隐私问题。用户可以从视觉上识别数据记录与指定标准之间的关联关系。此外, 可视化还提供了关于不同隐私保护策略对数据集影响的即时反馈; (2) 可视化可用于调节隐私保护和数据效用之间的平衡。用户可以方便地比较和查看不同隐私保护操作应用于特定问题的效果, 进而进行决策。Jia-Kai Chou 和 Kwan-Liu Ma 等人对此进行了多项研究, 包括社交网络数据的隐私保护 [8]、事件序列数据的隐私保护 [9], 以交互式地制定符合用户需求的混淆策略。他们还对违反美学的图布局策略在隐私保护上的作用进行了用户研究 [7]。此外, Chen 等人针对多属性表格数据 [10] 和图数据 [178] 分别提出了可视分析解决方案, 帮助用户理解和调整隐私保护策略。

数据隐私问题还发生在可视化生成的阶段。当数据分布在多个数据拥有方时, 生成一个统一的可视化结果往往需要多个数据拥有方将数据汇总或进行交换。而数据汇总或交换将泄露数据隐私。

Xia 等人 [217] 提出了安全多方投影技术, 在保护参与方数据隐私的前提下计算融汇多方数据的 t-SNE 投影, 为数据孤岛背景下的联合可视化提供了一个解决方案.

| i | 基于可视化的可解释机器学习

以深度学习为代表的人工智能技术在计算机视觉、语音识别、自然语言处理等领域获得了巨大的成功. 但在自动驾驶、智能医疗、金融投资等高风险决策领域, 人工智能的可解释性遭到了质疑. 深度神经网络具有非线性非凸、多层结构、海量参数、弱语义特征等特点, 被认为是一个难以解释的“黑盒子” [1]. 即使是决策树、随机森林这样的传统机器学习模型, 在规模较大时也给有效认知造成了挑战. 可视化将复杂数据和结构映射为图形元素作为理解模型的媒介, 在可解释机器学习的研究中被广泛采用 [33]. 现有的可视分析技术聚焦于帮助理解机器学习模型的表现, 诊断训练过程中的问题, 和指导专家对机器学习模型进行调整和改进 [34](请参考文献 [34] 中的图 2). 从研究对象的角度划分, 本节从以下三个方面对可解释机器学习中的可视化工作进行阐述: (1) 基于可视化的可解释机器学习理论; (2) 传统机器学习模型的可视化技术; (3) 深度学习模型的可视化技术.

| i | ic 基于可视化的可解释机器学习理论

机器学习的“可解释性”尚无明确定义, 不同研究人员对可解释性的理解存在着主观上的差别 [77]. 泛言之, 可解释性的主要目的是以人类可以理解的方式描述模型的机制, 让用户觉得模型作出的决策合理可信 [32]. 常见的解释方法可以分为“白盒”方法和“黑盒”方法. “白盒”方法通过展示模型内部的结构和运行过程, 增强用户对模型的理解. 而“黑盒”方法聚焦于模型的输入输出以及它们之间的映射关系. “黑盒”方法与模型结构无关, 具有比较好的模型普适性. 如 Wexler 等人 [51] 提出的“*What-If*”工具和 Hohman 等人 [53] 提出的 *Gamut* 系统给出了“黑盒”方案的样例. 交互式可视分析允许用户自由选取感兴趣的对象和参数进行观察和分析, 在两种方法的基础上增强了解释方法的自由度, 支持对比分析、稳健性分析等多种分析任务. Spinner 等人 [59] 总结了交互式可解释机器学习的概念模型. 模型状态包括了所有可能的状态空间. 解释器生成可视化和代理模型等形式的模型解释, 以及对模型状态进行改动的转移函数. 模型状态生成与解释生成迭代进行, 以支持模型的理解、诊断和改进. Cheng 等人 [45] 对“白盒”解释方法、“黑盒”解释方法和交互式解释方法的效果进行了用户评估. 结果显示, 三种方法都可以增强用户对模型的理解, 但“白盒”方法未能让用户报告主观的理解改进, 而交互式方法虽然在主客观上都增强了对模型的理解, 但无法提高用户对决策算法的信任度.

对人工智能的公平性的理解也是可解释机器学习的研究目标之一. 由于数据分布、标签错误、以及模型学习能力等原因, 训练得到的模型可能会在不同群体中有不公平的表现. Cabera 等人 [87] 设计了一个混合发起的可视分析系统, 支持用户对指定的或推荐的子群体进行公平性分析, 以发现机器学习模型在不同人群间的交叉偏差. Ahn 等人 [88] 针对输入输出空间和其间的映射中的偏差, 设计了可视分析系统, 以支持对偏差的理解、度量、识别和缓解. Yan 等人 [206] 提出基于因果关系对数据和模型中的公平性进行分析, 并设计了相应的可视分析系统.

| i | i | 传统机器学习模型的可视化

传统机器学习模型结构相对简单,可解释性相对较强,但一些传统机器学习模型的非线性、非凸本质造成其仍然难以被直观地解释.为了帮助用户更好地理解、诊断和改进传统机器学习模型,近年来仍有一些可视化工作针对传统机器学习模型的可视化解释研究,主要包括分类模型、回归模型、降维模型、聚类模型等.

分类模型的可视化解释主要针对两类问题,其一是数据分布与特征如何影响分类结果,其二是不同的分类模型如何进行比较性解释和评估,并进而实现分类模型调优.针对第一类问题,Krause等人[40]利用聚合统计数数据图和特征复合统计图,方便用户探索正确/不正确分类中的数据分布和不同特征在分类中的作用;Ma等人[84]则从脏数据对角度应用可视分析解释和探索分类模型的缺陷;Qu等人[44]提出了iForest.它利用特征分析和案例推理方法,并结合随机森林内部决策路径的概览和细节可视化,来解释随机森林模型预测决策结果;Liu等人[58]开发了BOOSTVis,分别从类、实例、分类和特征级别建模和可视化提升树训练过程,来支持分析训练动态(例如,类级别的模型性能演化、实例级别的关系等),诊断训练缺陷.针对第二类问题,Ren等人[86]通过计算和展示分类模型的表现度量提出了一个多类分类问题的模型表现可视化工具Squares;Gleicher等人[85]设计了一个可视系统以方便用户选择感兴趣的训练集和测试集对不同的分类模型输出结果进行比较;Cavallo等人[89]把分类结果与时序数据同时可视化,从多个粒度进行模型比较;Muhlbacher等人[54]通过可视化比较不同的路径对树构建决策树.

回归模型的可视化用于指导生成或选择最优模型.Dingen等人[55]和Das等人[90]通过交互可视系统实现了对多个回归模型的和参数选择,从而快速选择最优模型;Zhang等人[46]提出应用可视化方法监测逻辑回归中统计指标与变量关系,发现更有价值的变量,实现高质量的回归模型建模.

降维算法中数据的高维性和算法的非线性本质增加了对降维算法的理解困难.为了有效地解释降维算法,Cavallo等人[43]引入正向投影和反向投影两种交互技术,用于对降维数据进行动态推理;DimReader[42]通过对原始数据的微小扰动解释非线性降维算法;Kwon等人[49]提出通过用户交互定制非线性轴映射深入分析数据.Qu等人[47]设计了一个探索性的可视分析系统,该系统支持在聚类、实例和结构层次上对嵌入向量进行比较性可视化解释.Lu等人[92]提出利用通过散点的线段编码梯度特征,以解释非线性投影.Wang等人[219]采用椭圆编码局部子空间的方向,以帮助理解高维数据投影的局部子空间结构.

聚类模型的挑战在于聚类需求的不确定性.Cavallo等人[50]应用“聚类漫游”可视化技术帮助用户选择聚类参数和评估不同聚类的质量;Kwon等人[38]应用坐标可视化技术对聚类进行探索分析;Sacha等人[140]提出了一个基于分区的多阶段可视分析方法来探索分析聚类;Yang等人[91]则提出了层次聚类的交互操纵方法,允许用户利用带约束的进化贝叶斯玫瑰树聚类算法来引导层次聚类结果(请参考文献[91]中的图1).

对于隐马尔可夫模型(Hidden Markov models, HMMs),解释模型输出、理解复杂的建模参数以及在临床上理解模式对医学专家来说仍然是一项挑战.为了解决这一问题,Kwon等人[48]与临床科学家、统计学家和可视化专家进行了一项设计研究,并提出了DPVis,将HMMs的模型参数和结果无缝地集成到可解释的交互式可视化中.

| i | i | 深度学习模型的可视化技术

深度学习模型的可视化技术是最近的研究热点. 按可视化的数据对象划分, 深度学习模型的可视化技术可以分为 4 种: (a) 基于静态图像数据的方法; (b) 基于模型内部结构的方法; (c) 基于输入输出数据和模型性能统计数据的方法; (d) 基于代理模型的方法.

f | c | g 基于静态图像数据的方法

在机器学习和计算机视觉领域, 静态图像常被用于揭示卷积神经网络中神经元的语义信息和图像特征对神经网络特定行为的贡献. 自然语言处理中也采用类似的静态特征来解释神经网络学到的信息. 以静态图像为例, 这一类方法可以细分为五种技术 [94, 233, 234]:

输入扰动: 这类技术通过为输入图像中的不同区域施加扰动, 并使用前向传播来度量对目标的影响, 以总结高度复杂的神经网络在图像中“寻找”的地方, 从而揭示真实图像中哪些区域对目标响应贡献最大 [235, 236]. 其结果通常是一个粗略的二维显著图, 它展示了图像每个区域对目标响应的重要性.

反卷积: 这类技术 [115, 118, 218, 237] 同样希望找出真实图像中对目标响应贡献最大的部分. 与输入扰动相反, 它采用反向传播技术, 通过将低维神经元的特征图投影回输入图像尺寸, 从而将响应追溯到输入图像 (请参考文献 [116] 中的图 3), 基于反卷积的方法利用像素级的细粒度显著图, 直接进行了图像级别的特征分析, 进而揭示所学习的特征及其结构.

逆向编码: 与上述方法不同的是, 这类技术 [114, 119, 120] 不关注单个网络神经元的响应, 而是计算特定层的集体响应 (称为编码) 模式. 然后使用各种方法合成图像, 以在该层上得到相似的响应. 比较这两幅图像可以揭示实际图像的哪些特征保留在所选层上.

激活最大化: 这一类技术的核心思想是寻找最大化激发某个神经元的对应输入图像. 即通过对人工合成的图像每个像素进行迭代更改, 找到能最大限度激活神经元的图像, 以捕获特定神经元的特征学习偏好. 这类技术由 Erhan 等人 [240] 提出, 并被进一步大规模应用 [114, 121, 122]. 最近, 研究人员也开始尝试对这类方法进行归纳总结 [232]. 通过这些工作, 激活最大化已显示出强大的能力来解释神经元的偏好并识别 CNN 所学习的图像特征.

网络解剖: 为了处理图像特征与清晰可解释的语义概念之间仍然缺少联系的问题, Bau 等人 [238] 提出了网络解剖方法, 将每个卷积神经元直接与特定的语义概念 (例如颜色, 纹理等) 相关联. 这类技术 [238, 239] 通过寻找强烈响应具有特定语义概念的特定图像内容的神经元, 能够测量神经元与语义概念之间的相关性.

f | g 基于模型内部结构的方法

模型的内部结构包括神经元和神经元之间的连接关系. 基于内部结构的可视化方法可以直观地展示数据在网络中的流动情况, 支持对数据和神经元之间关系的分析, 在 TensorFlow 等深度学习框架中被广泛采用 [113]. 最近的研究包括 Liu 等人对模型结构的多项研究工作 [61, 72, 100]. 例如, CNNVis 系统 [100] 将卷积神经网络的结构建模为有向无环图, 节点表示神经元, 边表示神经元之间的连接关系 (请参考文献 [100] 中的图 1); DGMTracker [72] 则使用节点表示深度生成模型中不同的层 (包括卷积层, 采样层等), 边表示层之间的连接关系, 每个节点还集成折线图来展示层内部的训练动态; 而 AEVis [61] 除了将深度神经网络的层级结构建模为有向无环图, 神经元级建模为矩阵形式的热力图之外, 还提出了特征图级建模, 将层内相似特征的神经元建模为欧拉图. Qu 等人则通过对

隐藏单元和特征进行聚类来揭示卷积神经网络的内部机制 [67, 69]. 他们还提出了 DeepTracker [93], 应用分层和立方体可视化方法来跟踪卷积神经网络训练过程中训练日志数据的动态变化, 以分析神经元权重、验证图像和训练迭代之间的复杂关联. Wongsuphasawat 等人 [101] 则提出了 TensorFlow Graph Visualizer, 将运算表达为节点, 运算之间的数据流动表达为边. 一般采用节点链接图来展示模型的网络结构 [112].

但深度学习模型规模庞大, 给节点链接图方法带来了可伸缩性的挑战. Summit 系统 [71] 基于活跃程度对神经元及其之间的边进行过滤, 以保留重要结构. TNNVis 系统 [98] 通过合并相似神经元, 并过滤不活跃层, 以缩小可视化网络结构的规模. ActiVis 系统 [73] 则采用矩阵形式的热力图对神经元进行可视化. 与节点链接图相比, 矩阵形式的热力图无法表达连接关系, 但在相同空间内展示更多神经元, 并方便在不同层、不同训练进程、不同数据的反应之间进行对比.

f{g} 基于输入输出数据和模型性能统计数据的方法

与前两种方法不同, 这一类方法将模型视为“黑盒子”, 主要关注模型的输入输出和部分性能统计数据. 例如 Rauber 等人 [96] 对模型的最后一层隐藏层的表达进行投影, 以跟踪和分析模型训练进程. Zhang 等人 [60] 提出的 Manifold 系统通过分类结果来比较多个不同模型, 并分析哪些特征对模型输出有更大的影响. Murugesan 等人 [76] 设计了 DeepCompare 系统, 以比较两种深度学习模型的输出结果. NLIZE 系统 [75] 对输入数据、输出的预测概率和模型状态的统计信息进行可视化, 并支持“what-if”形式的交互式分析, 帮助用户理解当某一部分变化(例如输入数据)变化时, 会给其它部分造成什么样的影响. Qu 等人 [57] 使用可解释序列模型 ProSeNet [173], 从原始训练数据中构建一小组原型序列, 并将新的输入与原型在一个潜在的推理空间中相比较以便进行推理, 从而对深度序列模型进行解释和操纵. Kahng 等人 [65] 提出的 GAN Lab 展示了生成网络的流程摘要、生成器和判别器的数据分布、以及模型性能参数, 帮助普通用户理解生成对抗网络的训练过程. 由于仅仅从模型中提取了有限的参数和性能统计信息, 这些方法被称为探针式的方法. 这一类方法与模型耦合程度不高, 可较容易地应用于更多类型的模型.

fJg 基于代理模型的方法

与大规模神经网络相比, 更小的神经网络, 或线性回归等传统机器学习模型具有更好的可解释性. 因此, 一些研究者提出训练代理模型以模拟目标模型, 帮助理解目标模型的决策机制. 从使用者的角度来看, 基于代理模型的方法将目标模型视为黑盒子, 不需要了解目标模型的内部, 属于模型无关的方法. Collaris 等人 [52] 为解释目标模型, 训练了一系列代理模型. 不同的代理模型具有不同的可解释性和准确性. 基于多种代理模型, 该可视分析系统支持用户自由选择模型和参数, 在准确性和可解释性之间取得需要的平衡. Wang 等人 [74] 提出的 DeepVID 系统采用知识蒸馏方法, 围绕用户感兴趣的数据训练局部变分自编码器, 以学习目标模型在感兴趣区域内的表现. 训练得到的局部模型作为局部代理模型, 可有效帮助对目标模型局部行为的理解. Qu 等人提出了 RuleMatrix [41], 它将目标预测模型转换为基于规则的可解释的表达, 用来解释和探索目标模型的决策行为. 针对深度学习模型中的区域划分带来的结果波动, Zeng 等人 [214] 设计了可视分析系统, 以分析不同区域大小带来的影响.

在深度学习可视分析设计的实践中, 大部分工作综合了以上的多种方法, 以支持多样的分析任务. 例如 Alsallakh 等人 [94] 采用混淆矩阵以帮助发现分类错误图像, 热力图矩阵以观察各神经元对选定图像的反应, 结合类别的层次结构, 分析卷积神经网络是否学习到类别之间的层次化相似结构,

并支持对模型的理解和诊断. Pezzotti 等人 [97] 提出的 DeepEyes 系统, 通过观察模型的总体性能、每一层的性能、神经元的总体表现以及神经元之间的相似性, 以删除退化的或不必要的层和神经元, 帮助优化模型结构. Wang 等人 [70] 设计了解释符合-概念关联网络的 SCANViz 系统. 该可视分析系统对模型的质量度量、模型的中间参数、训练数据、模型的隐空间进行可视化, 以支持模型的评估、隐空间探索和交互式训练. Cashman 等人 [56] 设计了 REMAP 系统, 以支持对庞大的模型结构和参数空间进行探索, 寻找合适的模型结构. 对于概念漂移现象, Wang 等人 [210] 和 Yang 等人 [211] 分别开发了可视分析系统, 从数据和模型的角度帮助理解和解释概念漂移.

针对各类具体的深度学习模型, 研究者开发了系列专用可视分析系统. 循环神经网络可视分析的工作包括 Strobel 等人 [68] 提出的 LSTMVIS 系统, Cashman 等人 [99] 提出的 RNNbow 系统和 Kwon 等人 [145] 提出的用于探索电子病历数据的 RetainVis 系统. 类似地, Strobel 等人 [63] 针对由两个 RNN 结构组成的 seq2seq 模型设计了可视分析系统, 以支持交互式的探索和诊断. 深度强化学习模型中的输入状态和输出决策都是动态高维向量, 输入环境往往是三维环境, 其理解较一般模型更为困难. 为此, Jaunet 等人 [64]、Wang 等人 [62] 和 He 等人 [95] 分别设计了可视分析模型, 对智能体的决策、轨迹和视野内容、模型的记忆、奖励序列等内容进行分析. 生成对抗网络包括了生成模型和判别模型, Wang 等人 [66] 设计了可视分析系统 GANViz, 以深入理解其对抗训练过程.

3 人工智能驱动的可视化技术

在获得可视化的助力的同时, 人工智能技术也反过来促进了可视化技术的发展. 如图 1 所示, 人工智能技术与可视分析的各个阶段融合, 推动了智能可视化的发展. 本节从智能特征提取、可视化自动布局与生成、智能交互以及智能故事叙述四个方面论述人工智能驱动的可视化技术, 并且在每个小节中从技术层面和可视分析应用层面进行探讨.

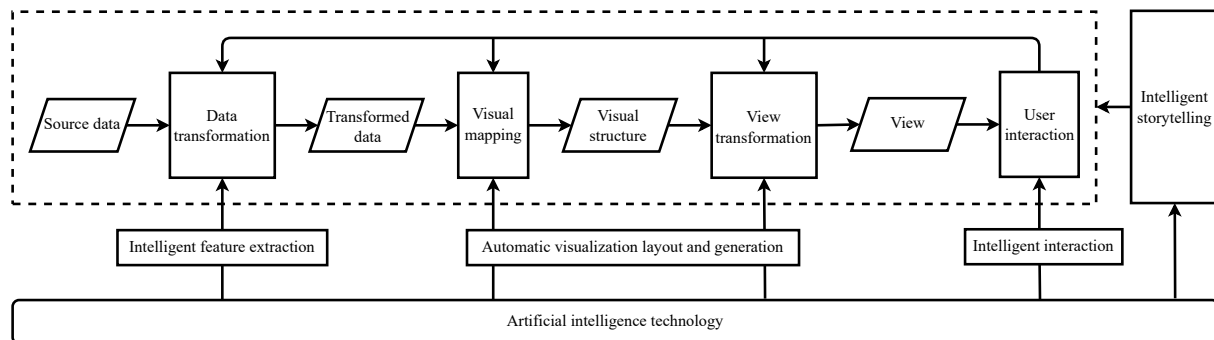


图 1 人工智能驱动的可视化技术> 包括智能特征提取、可视化自动布局与生成、智能交互和智能故事叙述

Figure 1 Visualization techniques driven by artificial intelligence, including intelligent feature extraction, automatic visualization layout and generation, intelligent interaction, and intelligent storytelling.

jXRÆ?+~4|

!ýÆ?/œ!û - +~¥4| -!û- T¥VjÄ - 8=, "Vj+~4| -V
 UÐ ÐVjÄí" Ä©ØÖË~¥ZE X

jXRXRj+~4|

Ú»" VjÄí - 6mDB©! (RN) BÖ9 T†»ZE X YV9<Cµ¥9
 T S* ZE-LC @" ¥yÍ†»VjÄ X :°`iH©!` (k9) Bñ ¿Àqsf¥öî
 ss /œ US* V-9ØxZµ "H„Æ" ¥»B„»= X¾ZE V[AT S*
 M Àqsf ¥w< X

" S* -Bt Ë/œ9!û"¼œ°¹ | +~ -èÂ q i M #©! (R3)k4 B
 Ö²† Ë/œV M " İ4|+~0bW¥ZE X V|Ú M1¥» 1îsF™î0
 bW-i!û 0bW¥ÉB„ i X G©m (RN)j4 BÖ ¿0bWs „îÿg•¥Ú»
 " VjÄœ° î•O - VV0bW Ëİ4|Äñ0bW¥= » i?C...ÿ¥ T X

q M;©! (R8) Sû¥†»ZE -[ržj\$ ËYKvsÖrT X s©! (Rj)4 i
 ûÚ»" İ©»² iÐØ³¥†»ZE - yg•jm -!ûs Ú»" ¥. †² X
 w?Q©! (R3) BÖZE -P"¼? V »" 0bW Ë²Tİxy•¥» -i =
 Ë• Xx a¥» ÐðS» B \$,Æžs ýT@İ -[úù"¼ i0bW X

jXRXWUÐ

ÍMÿ®¿' Ð VUÐ ¥asVC -VjÄ5x7Sæ" ' Ð ©/œÉ›+~
 4| -[7y µÔ!• ¥ ìbW VjÄjm XèÂ w?Q©! (Rd) P. " 3ÆžÚ
 »bW-æ" qQ`/ko2† µ P. E ¥VU_ -!ûªÄ¥s [µž÷z¥•"rT X
 *?2©! (Rd)9"m_ Ä/œ -[!û0m² ¥í»°Ø X w©! (Rd)8!@E 3Æž
 Ú»bW-µž ig¥ÔIÄVr X

sB©! (Rd)j mV~„Æ »" i XðìnQ4 0"V~ ~ -|0"+~AT
 Bñ´E¥vM V,]~ ¶i0"... ¥vË U•IÓD (Rd)đ¥m j „m 9VXV0"
 V~ -V[]H3îv ,]™ 0" -i|ñìB g• -"¼V[.bWİ 'Úrsž.
 ¥" T X

jXRXYjÄí" Ä

|VjÄÉ›í" Ä^ÍMÿBñx1¥t] Xí" Ä|VjÄjmj¹" -VVjÄ
 jmİ4|+~ -"¿ ìVjÄjmbWaØ³jmÔ!© XYVí" Ä -V[!ûB" ¥V
 jÄ+~4|asËÐ3î X Er©© (R9) vmf Ù5 -YV ¿ :LL¥ o 1 ~P
 µžmf ¥V~bW -[!û µÔ!• ¥ i X J ©!4 a+ ii2`L²jR-P" *LL
 Ÿ4|ÚÄm¥Ô!+~É79ØÚÄm¥M» X C +©H2(RN) ¿HW¥ »S
 s ØE - V9ØÚHWMÄ¥ M " HW ¥B» »S s m -LC T¥VjÄM

YX C@i (R3)y4 BŌ" zî¥ZEÿ |ÛÄmm^î¥" sf¥V³dÿV~ X
æ"1I' ÛV~¥Ú)Ōli\É"¼ " sf¥Ø³ X > 2CM5©ß *LL ,
]VjÄ© ¥m™É©?i -[\É *LL <"¿" VjÄHÉ©?i,, ~É4¥Ø
³ (RN)æ

jXRX9~4|¥<"Æß

SÐVjÄZë - E`m2@i` (R9)R ¥ 6 +2iRñV"Z¥Vjs <"ñ½ -ñ
LC % É~,, y¥ö1îÄs X¾ýT|íSüÐ „SüÐ "îžm^„+~ ìV
ñĬ -5x EV[" É) È -?C•¥'i„çf% È~ -iæ" È²Tþ *Ü
©Ž-É7 •% É)M<¥sÈ X > M! (Rk)8 ¥ 6HQRl2BŌV"¿@L,,@ë
ËaňÉ¥' Ð ~ -|+~Ð ag•„ ìVñæ†žBñVjs •OĬ XÐ.dZE
¥†1îZT,] -6HQRl2ijÄ,ëP"¼? 1çl a¹x1¥}Vÿ@L @ë -P"
¼? µr¹ ì@L,,@ë" X
Ó'Vjs Zë - "2`;2@i4 BñVjÄZÄ +Bi2k(R2)ñ, "¼YV,,Ó
¥P`ffîÿ¹ ì„Í«Ó- - YV|„Ó)¥ /ÓŌII'À=»V~_ ÿ |ft
• X HbVjs 5x - hF +?@p (RN)4 BŌ ¿ Ð ¥ZE -YV Ä ~
†'¹ç© ¥ç© µ -_©iVjÄHb" İ¥sÈ X %h„SÐ5x - J HDQ@2+
i (RN)y9 Bñ•O -æ"íB ~ », E" É)2ù s „VjÄ -i|,Q<
ùËÿ• .ró,SÐE X

jXk VjÄ1îf Ð3î

jXkXRž VjÄ3î

Âm RŪ -lÿÆ?/œT"¿j\$~ „jm Ð" -\É VjÄ1îf Ð3î¥
?ZXBñÈn¥Z_^ô óç¥{Æ" 1î3îKD¥£U" =† T¥VjÄ X ~
¥T"^^E†" +~„VjI'-W¥1" X}Vÿ¥ýT " . i koBRk)ð oBxJRk)ð
.Bo1Rk)N_1 *h (Rjy,, :2M2` iBp2Rk)B(X SÐVjÄZë - "2`;2@i (RN)4
BŌP"3î ~ÿ3î„s 8" ô™m^¥/œ XYV|j~a,iü „päT¹{Æ -
~? †î8" ô™m^ X EB@i (ky)Ræ" *LL ¹óç¥dxç¥=»O Æ4|Bñ
Íxÿ•I X æ" *LL É)ro„+~4| -iÉ) ž ¥VjÄ[46Íxÿ•I 9Ø
¥Í XfÈ/œ¥ Kö1 ¿µK¥þ " X :m@i (RN)3 aa_@oBŌ"¿3î
Ø»ÚsOqO ÆVjÄ¥ZE X æ" *LL # : L V@soq_ Æ3îÚsOq_ Æ X
w? M@i (kR)k4 •" ' Ð ZE|• 3Æž• mĬ X :2@i (kR)4 lû" z
î¥VjÄmVîÂ¥Ōý -µr¹!û ž ¥VjÄîÂ3î Xœ VjÄmVî¥pä1î
É4Û5 - q M@i (kjy)4 BŌœ ÈÛÄm¥pä1îs¥ZE -¾ZEYVKvÄÈ
YW¥VOYÿ[ªÄ ÈÛÄm¥È© Xœ¾ZEÇK¿ÛÄmO³1"¼É4Bñ†a¥Øä
ð-1N - q M@i (kk)»4 Bñ" È©¥Øäð3î•O S H2ii BHQ`- SVH2ii BHQ`
î¹,]¥VjÄÈ~3î µKvOYÿ¥sÈØäð X

jXkXÆ?VjÄf

mf i - w?20; (R3)4 BÖØE - P"Û 0 /†ÿKIÄi•_m" ù
 Äi? f" -V7÷y÷xç¹zÿ•f X q FB@! (R3)4 BÖÚ»È /OE[
 Eçv~ OemVjÄH¥á"7,b ¥² -YV OemÉ'Ú»3Æ - ,¼€iäÄ
 ÿÈ Ú»bWï¥ Oemf X w?@n (kk)4 BÖ ÿ†»¥v? mf ZE -4Ú
 f ¥V"Zÿ X†½9^BÖ+y¥f - 1†½Zë - qm@! (ky)4 BÖ•~¥b
 W† VjÄ/OE -"ÿ i„s Z † " " X•"/OE V[YV " †a¹ñÈ -!ûV
 "Z¥Æ?VjÄf (kR&k9kk)X

jXkXjÚrVjÄf

6BñùîZ_^FîÑv? " "VjÄ XÑv? ¥" VjÄ¥3îªªdÈ{H -
 "4!ûVjÄ¥OE° T XfË/OE¥,•^p ~T¹VjÄ3î X ~["¼OE°1{
 Æ-,ÜV" °Ø„)Ø -°¤{ VjÄ -V7Eç{H¥" T„" 9Ø X >@!4
 AMaBimRkjiV(Ñ)9Ø É›¥SÐ_† Eï¤p " -iÉ›ÖL¥ ž ~p -
 ® ~°¤¤i~¼¥VjÄ!Â#SÐ_†•" -3î•¥m^ -V7FîVjÄ¥ y X q M;
 ©!4 ¥ .22TP` ; MIR2k)e•"È»¥±^ y !û!8 2 i¥VjÄ ~ X,]ÿ
 --¥/OE¥ ~°¤{ VjÄ - >n@! (Rj)k p ~É›" •" -YVâê•ÐVjÄ¥
 " ÿLC ûVjÄ+~ -4/¥v? " VjÄ X M ¥f i - q M,©!4 ¥
 a? T2qQ`H2M //OE -!û™ ÿ•¥M yîµr y (Rd)X

jXkXgîVjÄf Ð3î¥‹ÆB

‹"5x -!ýÆ?/OEÈ\$"ÿFî ÿm¥f Ðs ØE XftýT¥ö1±^^n
 5æ" A ~ym² ¥g•bW --ª7?OE°TVjÄ"d!û"¼ g•bWïOE°
 ì ->îM»°Ø -yTwØ©© X " @! (Re)j•"¼ T ì Ka†£UyT1"¥mf
 X "?QrK@+F(R9)4 Bñ 1 I_P_ ¥OE°T0m°Øý X aQ@!; (R9)j!9
 "QQK2d[4Ú m" o¥V"ÿ X ÿÓ'ÐS&¥VjÄf -un@! (R3)4
 BÖ /ÓË©¥S&f -V[f Vñï© „h j\$ y -úù"¼ S&" Hy
 î¤" Äf X *?2@M (kR)j© åM A111 o a,Óï¥ jmVjÄ!9" É› Æ
 "„æØ -¹ªÄ¥1îÄ!9Ðf ùî4 " " X

jXjÆ?OE°

jXjXRCE°`É4

- VjÄÆBïOE°1É4" `B°^VjÄ5x¥Bñùî4Ä X y¥f a
 ` -W¥°M{"©Ù5 ÿLH' `^Ž É4S¶={ÿ v¥G^ X¹ ³%v"
 OE° T¥•Y -" ùî!ôÇkþ A ~FîOE° T -4ÚOE°rq X 6 @! (ky)k
 4 BÖ ÿ *LL¥ÛÄm—ÉZE- æ" *LLV—É T[#VjÄ¥" sfïç©"

¼—Ê¥" Ä -V7FÍ—Ê T¥@Îÿij µqeÅ @£Ü X *?20M (R8)R
G bbQŮ2Ä- j. Ä ¥*iÊ4 X u M@! (Rø)88" ô™İÆ?j~Ê4Û5 -4
¿' Ð ¥³%ZÄ XfËùîýTÍ, -°µsù "ùîF 7ZM1ùî XÄ...4Eç
~ç©Êµi4Û `Ê4 'ÿ^"-ùî¥xÄ X

jXjXkœ°" i

V »" "İœ°¹Ùs" T^Bñ{H¥Vñ X Àµ£ù¥ff/ -"¼³1,T
¹©¿ !İÄ -"v¥ÆibW¹" i{ÿ "v¥p, X" ùîýT Çkb A ~
ÿ£ù" i XYVwi•"!Ä©ZT„•"¼yÍsz" İi ¥ T X PiiH@iv (ky)
V"¼¥ B„œ° iİ4|~¼ÿiï -V7LC "¼Äÿœ°îT¥ 'ç© X a ppB/2b
©! (R9)ç A ~„•"¼¥œ° T X : ©! (R3)R Bñ ~wiZE -ô "d
S ¥Qœ -1îø"KÄ¥¥ ~ X
6BËùîýTþ A ~ÿT¹ ñ~ s `¥}ø X A~V[µs"¼¥{Æ -
iç©\$}ø¥s `¥ ÿ XfËýT¹s - `{ÿ Bñ•¥±^ X >@! (Rkj)4
AMaBimL2iSÐ ~"î¥}ø -"¼{Æ ñ•"H -¼ ~V[°µç©v?
SÐ ~"î¥{ ²T U•ÍÓD (Rk)İ¥m dVX > x ©BF(R8)y4 LLø ~T
¹3p% ¥}ø -¼ ~V[KV{H¥_‡9øiyÍ{ ©...% T¥< rT X

jXjXjœ°Vj°ø

œ°TVjÄ"dªª³¹ Vµs¥Y<HW=3îi@ "¼°øHq¥VjÄ X'°ø
²T #v " H -yÍ3î VjÄªª^"´4¥ -.d fË/œ9^P" ¿" çï
%¥!{ -œ"v¥i%7gPµfË/œ³¹ v¥i%7g X' Ð ¹fË/œ{ÿ B
ñV>¥³%ZÄ X áìV[þ ' Ð ~E†"¼°ø„{ VjÄ-W¥1" -f"
"¼³) ñœ° T-ª -V[KV{H¥" Rª°µ{ VjÄ -V7i@LH°ø¥³¹ X
w? M@! (R8)R h _ .Aaÿ!ûa)" ¥i„„VjÄ°ø X >Q@;4 .LL@
oQHøBø)ep" *Ü©Ž µ"S •j~/¥ô™²T X >m @4 ¿1-Ôý¥Vj
°øZE (ky)X q M@! (R3)ç : mbbB M *mü#œ°øv? " ¥sfÐd9
mX ðË»ýTÍ " _a h`2R8j)- aK `i*mRø3(J `pBR[8]9 "B;ALR8)©X GCB
i (R8)R ÔlëZ8 -[!ùœ°¹ Ôlªës v? HbÓ' X

jXjX9œ°" s

Æ?œ° ñ5x¥" Vjs İªž <W¥P" Xœ Ó'" -1H@ b@!4v
L1_1t R)kþñœ°T Å=,ÔIs ý -¼ýT²†VjÄ„1-Ôý ~s v
? Ó'¥Ôl• X 1H@ b@!/(Rj)N4 ²†5x©M¥ø5 ~ -i!9 BñVj
Äý „¼œ°¹l ø5 X :m@! (Rj)ß4 h?Qm;?i6Rørú iSÐÓD
-W¥1" - aT2`CH2(jy)4 BñVjs "d -V"¼œ°İÐ ,ÄM»ÿ¥© Z
EX G2p2M@B/(R8)R BÖZE1î| aZG°øÔ Ä¹b ¥jm -4Ús iøø

³ aZGÔ ¥Î X s@! (R3)M BÕ ¿x] ÈZE¥Æ°TVjÄ!9 -"[MY=
†mĪ¥«Ä[X aMv@2` (3k4 BÕÆ?ZEV[Æ°È© ÆÄ8ÿ] X qm@! (kyÞ
æ" A/€Æ°s „l Ô{MY²T X

jX9 Æ?#Y»•

#Y»• UaiQ`vi2FHVBjM 5k¥•-Z_ -9²† !ýÆ?5x¥K•ùîîT X
#Y»•^•Ü " jmĪ?C¥PËÄ¥ T -ô =†¥ó" -xØî µ›œ#Y•Ž¥
œ8-[úù!÷z¹Ø³M1Yq?Z¥†@ñ X ÆÆ #Y»•Īö1 ž• €†aÔl
<!a1" |©T" X

*m@! (RjÞ4 V1-ÔýĪ1î3î• m¥Vjs ZE -9^BÕ ž ¥VjÄ
3î -"¿#Y»• X q M@!4 . i a?QkQ)k- . i a?Qi Èn¥• m² aýT
Vf aYqË~„VjÄ„î -i ¿ft?C4 BñYqV3î@£L X w2@!; (RjÞ4
1KQ*Q¿Úrs UjÔĪtë†aÓ3„{Ô T¥fËö:ÿ -P"¼? yĪ
¥fËö:ÿ# HW M¥Ä• X a@B (kkRæ"1-Ôý)Ø/ÆV !öÄĪ4|Æ@ö
5„#YLì -i" ai`Q`vH@M¿ÁÉñ X h M@! (Rd)R BaiQ`v¥M'2-
Æ?f ØE[!û#YL¥ûÄ X

G @! (Re)M VjÄĪÄ1î3îZÄ X ¿"¼{Æ¥VjÄm^„1-Ôýí• -
~V1î3î{Ú Đÿd¥†Ä[£ù#Y»• X G@M (Re)M miQ* TiE@M-
VjÄ3î1-Ôýí• X q M@! (R8)M BÕ•~¥ ¿m¥j\$#YO X *?2@M
! (RjÞ4 B*|Vjs ²T•Æ#Y»•¥•OZE -VØ,), V⁻ ¥s ²Tž
ž!^í¥#Y»• - "S"¼as `„ĪCZE ¥s] -.. "¼yĪ|Vjs ¥²T
ö1î'3î#Y»•¥VjÄ²T X

u M@! (Re)R BÕÈMzî¥3î ~ -» V"†©MoĪ„Æ1oÈMÿÉ›j
\$#Yf• X¾/Æ,ÇV[4|Ó'aViĪ¥Yq -ĪVVm^ajÔĪÉ›Yq¥4|„#Y
¥3î X *?2@M (RjÞVÉmĪ1î4|HWL[x „³ #Y•Ž X Cm@!; (Re)99
Bñ ¿ _LL¥ ~LC Æ>f«¥€† X >@! (Re)ys l¹^z¥#Y»• -iö
ß #Y»•É ¥S X ¿N -T€4 Bñ<ÄĐ •O!ûÛsÚÉ #Y»• X 6mH/
©! (RN)R hBK2GBM2*mV[PQ1-Ôý)ØVd² ÄÓ'Ó-¥HW„Ī1
î4|Yq" -i|Yq[HWL¥™TÉ›VjÄ X

9 ?Zt]ĐZ-

"- -VjÄĐ!ýÆ?¥Æ-ùîXÜVC v¥.Ī -\É VjÄĐ!ýÆ?5x¥
1o/Æ?Z X Ä/Zë -VjÄĐ!ýÆ?¥Æ-ùîµ-|µ vĪå ,
URxM]Vjs Ī¥" ...² 1

" sf ñ" šµZ -^v" <"ÆßĪ¥Éÿ X Z•Đ¥x]Vjs Ī11-
Á3¥s © X-7 -@¿" ñf ...² 1Ü5 -ft" šµZaaíE°µ Z" Xx
]Vjs µ [1oG^ Xn5 -Ä... ,Æ°" ¥ff/3íó†" VjÄ²T X Q -"

VjÄ²TÂ... 1" ...² X"- - ¿»BñÙ5¥ùîî X½† Z9ØaóùĐ ©
ZE¹³%" ›Ù54 ±^ XÂ...|ftZE(“¿x]” Vjs -^'¤ùî¥Z
_ X

UkW³d Đ

n5 -"-¥v†sùî Š¿ ~p ¢¥ÖLs Xœ' Đ ~¥p '&^Bñ{
H¥Vñ -Û"' Đ ~? „p ” ¥ÉB„9É -p HÉX9Fž”?.À”Û X#
H?Cp Vñĩ¥ÉµiÉ)• „%| µx1¥il XË»¹ - LĐ Vñĩ -p Vñ
Û"@” ¥žÿùÃÉ) -ÖLs Tªª4[#H} ” „ ~¥MÄ -4 µr¥• X
ùî' Đ ¥ LVjs ZE - p Vñĩ ~É)Sü„• - µx1¥ùîil X
Q -"-v†s¥Vjs "dœ +ç ~É)çÁ -4[Đ' Đ •OÉ)µ† Xòñ
Vjs "d-W¥uY v - Ä™îdB¥ZE8" X7Cµ¥' Đ •OÛù -ç"î
^)¥VjÄFq -4[!ù'Æ†ë¥s XùîĐö@' ĐS•O"î¥Vjs O -
u/V³d Đ "d3ÿ -µæ¿Vjs ¥ùîîT lýÆ?5x¥ô# -9µæ¿ ¿
VjÄ¥V³d Đ ¥dBØ,¥9²Đ4ÿ XV1µ©MÁf¥~ ? -< ln 9m
UCBi©SÁ•O ¥"îù? X

UjVÆ?+~4|

lýÆ?¥ÉZ¿M +~4|¥@ñ -h +~ýñ¥ýT -YV ž ¥™T4 ”
¥âêVr X6BZë -lýÆ?4 Ö3ÆZE -|~ È~” Đž^¿Ø³¥Ú»bW X
yN - ¿lýÆ?¥+~4|VjÄĐVjs 4 e±¥Vr \$ X¿¿VjÄĐVjs
¥+~4|ë"¥G^ ¿ ,1î4|¥+~,Bç µü'¥Ôl• -,æ¿Ø³Đ³d XÂ
...ô s ³pçÁÔl+~4|ZE -^'-³¹³%¥45 X

U9WjÄ¥1î3î

1îVjÄV” 1î3î? 'Vrx1 T¥VjÄjm - œCM1©M„/?¥ô
Y”¼ µx1¥T” X'-ö1µ ÈZE X»BÈ^ ¿!9Û ©M -|VjÄ!9Û5?
ÿîKªÄÙ5p³ XfBÈZERt z - µ Ú¥VØ³ÿ XœKªÄð5¥4ÿ³1 ¥
!9Û „çk X»=ÈZE^•” µ ž ÿÉ¥' Đ -KV !9ð5¥9²” X'
- - vm¥f av? ” 8ûÅ©ØE -' Đ ~|¤ z¥rT Xœ@¿” bW
„VjÄjmbWûdÈ”v -p ' Đ ~³1v ¥ÚÉ p ” X ¿v ”VjÄ
jm7ý -p ” ”¥3î^Bñ³1pX¥45 X

Vjs "d!9Zë -'-¥Vjs "dv NÖo³ps @ ` @jl' ©E

LC ©}¿Ép¥ù?^L -É)oBYBppT¥çÁÄ7? XĐ5 µVjl'as !{©Z
ë¥Ø,• -œœñ!9Vñ µ ¥ñÿÄ„ö4ÿ XB*!9z¥"d -Ä...”Zž ñ5
xa ñ” "a.À†T5x”¼“¥P”€ - íØ,9² XÂ...ßNVjs "d¥ª©r
q„s rq -9œCü'¥Ø,• XÂ...V!9LiİB„9² -™îdBaS Ä¥Vjs
!9Ø, -^Vjs 5xKx1¥SĐÙ5-B XlýÆ?/œ¥?Z¹Vjs !9Ø,ù
î{ÿ •¥ XÜV M¥LI -Vjs 5xXÜ Æ v ¥Vjs "d„P”:c X•
” zî¥±X - òËl'af aœº/œÉ)9²„x•,j - Vjs "d¥rqÉ)
ß - µx1¥ùîil X

U8Æ?œ°

! œ°^Vjs Ī,V œ≠Bì -"-¥G^ö1 " ñZë Xn5^Ú'¥Ê4 XÃ
 ... †8" "ĪŪ'1Ê| cĒ-• T¥0" -^'-ùî¥£ÄŪ5 -èÂ Ä " ĪÊ
 |Ē-•†s - Hb" ĪÊ| 1+ç T¥HW X Q^v? " ¥œ°45 X@¿i%
 „9ØZë¥âĪ -v? " ¥œ°B°^BñG^ X!ýÆ?/œYVâêVraÆ?ì„a°
 Øç©©ZE -1³%œ°454 /œoâ XÃ...4 'aôa¥Æ?œ°ZE -|^ÃŸù
 î¥xÄ X

UeÆ?#Y»•

VjÄ¥,•ÿ?^• ¥Vr -Â...“VjÄfzBñ#Y -^VjÄùî¥x1ö5 XŪ"
 !ýÆ?/œ¥?Z -æ“VjÄÉ›#Y»•¥ùîÉB„M¹Æ?#Y»• X 87ý -Æ?Ä
 öö1 [/Zë n5 -^#Y¥1î.³Ð1îÄ3î Xöµ÷ ¥ùî|#Y»•¥íí4
 yajFî#Y¥VjÄÉ›.³Ð9² -ÉB„1!û#Y¥1îÄ3î X Q - 1îÄ¥ \$
 -Æ?#Y»•¥»=ñ8C^ "Ÿ -Æ?¥il ¿V[Ð ,]¥#Y„ia»•mEaV
 jÄVr -É›F†Ð7/ -Á3•¥ Ō "¥VjÄ#Y»• XKª -Æ?#Y»•¥8C ¿
 ! µ† -“¼V[“ !¥œ°}N -æ“Æ? / ~†“¼•Ī ±¥#Y¥"0 -'
 "¥#YĪ? yĪÆ?¹ / ~†“¼çù¥VjÄ#Y X

8 ²•Ô

'Ó !ýÆ?ÐVjÄ¥œ-ùîfBùî£ÄÉ› 1†ë¥9² XVë_!ýÆ?¥
 VjÄÐVjs ¥~ - " É ¿ÿa ¿VjÄ¥V³d Ð É› s XViýÆ?
 z!¥VjÄ/œ¥~ - VUÐ Ð+~4|aVjÄ1îf Ð3îaÆ?œ°aÆ?#Y»
 •É› 9² Xá!xÄÄ• kyRM[ŸÍ j M¥S="ùîýT -i S="ùîC É›
 s - ?Zt]É› Z¬ X!ýÆ?ÐVjÄ¥œ-ùî-)¿ „" -Īi "v¥?Z
 bWX ¬'Ó? úù € o AYoa¥ùîyë 1†ë¥ªM -i Äª¥M1ýT ž
 ?T" X

•IÓD

R * bi2Hp2+++B.X * M r2 QT2M i?2 #H +F #Qt Q7 A\X L im`2 L2rb- kyRe- 8j3, ky
 k *? M/QH o- " M2`D22 - EmK `oX MQK Hv /2i2+iBQM, bm`p2vX *J *QKTmi am`p- kyyN- 9R, R@83
 j GBm a- M`B2MFQ :- qm u- 2i HX ai22`BM; / i [m HBiv rBi? pBbm H M HviB+b, h?2 +QKTH2tBiv +?
 RNR@RNd
 9 sB2 *- sm q- Jm2HH2` EX pBbm H M HviB+b 7` K2rQ`F 7Q` i?2 /2i2+iBQM Q7 MQK HQmb + HH bi -
 +QKTmiBM; TTHB+ iBQMbX A111 h` Mb oBb *QKTmi :` T?- kyR3- k8, kR8@kk9
 8 6 M s- GB *- um M s- 2i HX M BMi2` +iBp2 pBbm H M HviB+b TT`Q +? 7Q` M2irQ`F MQK Hv /2i2+iB
 C oBbm H- kyRN- kk, N88@NdR
 e h Q C- a?B G- w?m M; w- 2i HX oBbm H M HvbBb Q7 +QHH2+iBp2 MQK HB2b i?`Qm;? ?B;?@Q`/2` +
 Q7 i?2 A111 S +B)+ oBbm HBx iBQM avKTQbBmK- kyR3X R8y@R8N
 d *?Qm C E- "v M *- GB C- 2i HX M 2KTb`B+ H bim/v QM T2`+2Tim HHv K bFBM; T`Bp +v BM; ` T? pBb
 Q7 i?2 A111 avKTQbBmK QM oBbm HBx iBQM 7Q` *v#2` a2+m`Biv- kyR3X R@3
 3 *?Qm C E- "v M *- J E GX S`Bp +v T`2b2`pBM; pBbm HBx iBQM 7Q` bQ+B H M2irQ`F / i rBi? QM
 S`Q+22/BM;b Q7 i?2 A111 S +B)+ oBbm HBx iBQM avKTQbBmK- kyRdX RR@ky

N *?Qm C E- q M; u- J E G X S`Bp +v T`2b2`pBM; pBbm HBx iBQM, bim/v QM 2p2Mi b2[m2M+2 / i X *QK j3, j9y@j88

Ry q M; s- *?Qm C E- *?2M q- 2i HX miBHBiv@ r`2 pBbm H TT`Q +? 7Q` MQMvKBxBM; KmHiB@ ii`B h` Mb oBb *QKTmi :` T?- kyRd- k9, j8R@jey

RRJm s- sm E- *?2M Z- 2i HX JPP* /, oBbm H M HvbBb Q7 MQK HQmb G2 `MBM; +iBpBiB2b BM J bbB AM, S`Q+22/BM;b Q7 i?2 1m`QoBb- kyRNX NR@N8

Rk qm q- w?2M; u- *?2M E- 2i HX pBbm H M HviB+b TT`Q +? 7Q` 2[mBTK2Mi +QM/BiBQM KQMBiQ`BM; BM/mbi`vX AM, S`Q+22/BM;b Q7 i?2 A111 S +B}+ oBbm HBx iBQM avKTQbBmK- kyR3X R9y@R9N

Rj "o;H J- 6BHxKQb2` S- :b+?r M/iM2` h- 2i HX *v+H2 SHQi _2pBbBi2/, JmHiBp`B i2 PmiHB2` .2i2+iBQ #bi` +iBQMX *QKTmi :` T? 6Q`mKX kyRd- je, kkd@kj3

R9 a?B u- sm J- w? Q _- 2i HX AMi2` +iBp2 +QMi2ti@ r`2 MQK Hv /2i2+iBQM ;mB/2/ #v mb2` 722/# +F avbi- kyRN- 9N, 88y@88N

R8 * Q L- GBM *- w?m Z- 2i HX oQBH , oBbm H MQK Hv /2i2+iBQM M/ KQMBiQ`BM; rBi? bi`2 KBM; b h` Mb oBb *QKTmi :` T?- kyRd- k9, kj@jj

Re sm E- sB J- Jm s- 2i HX 1Mb2K#H2H2Mb, 1Mb2K#H2@# b2/ pBbm H 2tTHQ` iBQM Q7 MQK Hv /2i2+ K2MbBQM H / i X A111 h` Mb oBb *QKTmi :` T?- kyR3- k8, RyN@RRN

Rd w? Q s- *mB q- qm u- 2i HX PmB5 PmiHB2` AMi2` T`2i iBQM QM JmHiBb/BK2MbBQM H . i pB oBbm 6Q`mKX kyRN- j3, kRj@kk9

R3 :b+?r M/iM2` h- 1`? `i PX EMQr vQm` 2M2Kv, A/2MiB7vBM; [m HBiv T`Q#H2Kb Q7 iBK2 b2`B2b / i X A S +B}+ oBbm HBx iBQM avKTQbBmK- kyR3X ky8@kR9

RN `#2bb2` *- aT2+?i2M? mb2` 6- JC?H# +?2` h- 2i HX oBbTH mb2, oBbm H / i [m HBiv bb2bbK2Mi TH mbB#BHBiv +?2+FbX A111 h` Mb oBb *QKTmi :` T?- kyRe- kj, e9R@e8y

ky *?2M *- um M C- Gm u- 2i HX PQ/ M Hvx2`, AMi2` +iBp2 M HvbBb Q7 Qmi@Q7@/Bbi`B#miBQM b K :` T?- kyky,R@R

kr "2`M ` / C- >mii2` J- w2TT2Hx m2` J- 2i HX *QKT `BM; pBbm H@Bmi2` +iBp2 H #2HBM; rBi? +iBp2 bim/vX A111 h` Mb oBb *QKTmi :` T?- kyRd- k9, kN3@jy3

kk GBm a- *?2M *- Gm u- 2i HX M Bmi2` +iBp2 K2i?Q/ iQ BKT`Qp2 +`Qr/bQm`+2/ MMQi iBQMbX A111 kyR3- k8, kj8@k98

kj S `F C >- L /22K a- "QQ`#QQ` a- 2i HX *J2/, *`Qr/ M HviB+b 7Q` K2/B+ HBK ;BM; / i X A111 h` Mb o kyRN,R@R

k9 " m2`H2 - L2mK MM >- _QTBMbFB hX *H bbB}2`b:mB/2/ oBbm H *Q`2+iBQM Q7 LQBbv G #2Hb 7Q *QKTmi :` T? 6Q`mKX kyky- jN, RN8@ky8

k8 sB M; a- u2 s- sB C- 2i HX AMi2` +iBp2 +Q`2+iBQM Q7 KBbH #2H2/ i` BMBM; / i X AM, S`Q+22/BM oBbm H M HviB+b a+B2M+2 M/ h2+?MQHQ;v- kyRNX 8d@e3

ke E? v i J- E `BKx /2? J- w? Q C- 2i HX o aaG, pBbm H M HviB+b iQQHFBi 7Q` bQ+B H bT K#Qi H :` *QKTmi :` T?- kyRN- ke, 3d9@33j

kd Em`x? Hb E- >H r ib+? J- a22;2` *- 2i HX oBbm H M HviB+b 7Q` KQ#BH2 2v2 i` +FBM;X A111 h` Mb kj, jyR@jRy

k3 > Hi2` :- " HH2bi2`b_BTQHH _- 6Hm2+FB;2` "- 2i HX oA L, pBbm H MMQi iBQM iQQH 7Q` }HK M kyRN- j3, RRN@RkN

kN "2`M ` / C- w2TT2Hx m2` J- a2/HK B` J- 2i HX oA G, mMb}2/ T`Q+2bb 7Q` pBbm H Bmi2` +iBp2 H #2 j9, RR3N@Rkyd

jy aT2`H2 6- a2p biD MQp _- E2?H#2+F _- 2i HX oB M , oBbm H Bmi2` +iBp2 MMQi iBQM Q7 `;mK2M A111 *QM72`2M+2 QM oBbm H M HviB+b a+B2M+2 M/ h2+?MQHQ;v- kyRNX RR@kk

jR "2`M ` / C- w2TT2Hx m2` J- G2?K MM J- 2i HX hQr ` /b lb2`b*2Mi2`2/ +iBp2 G2 `MBM; H;Q`Bi?KbX * kyR3- jd, RkR@Rjk

jk *? ixBKT `KT b - J `iBmb _ J- Cmbm} A- 2i HX bm`p2v Q7 bm`p2vb QM i?2 mb2 Q7 pBbm HBx iBQ H2 `MBM; KQ/2HbX AM7 oBb- kyky- RN, kyd@kjj

jj a +? .- a2/HK B` J- w? M; G- 2i HX q? i vQm b22 Bb r? i vQm + M +? M;2, >mK M@+2Mi2`2/ K +?BM2 pBbm HBx iBQM L2m`Q+QKTmiBM;- kyRd- ke3, Re9@Rd8

j9 GBm a- q M; s- GBm J- 2i HX hQr ` /b #2ii2` M HvbBb Q7 K +?BM2 H2 `MBM; KQ/2Hb, pBbm H M Hvi kyRd- R, 93@8e

j8 qBHFbMbQM GX oBbm HBxBM; #B; / i QmiHB2`bi?`Qm;? /Bbi`B#mi2/ ;;`2; iBQMX A111 h` Mb oBb *QK
je .BtBi S J- am`B /B a- M/`2rb _- 2i HX .2i2+iBQM M/ BMi2` +iBp2`2T B` Q7 2p2Mi Q`/2`BM; BKT2`7
S`Q+22/BM;b Q7 i?2 AMi2`M iBQM H *QM72`2M+2 QM /p M+2/ AM7Q`K iBQM avbi2Kb 1M;BM22`BM;-
jd sm E- q M; u- u M; G- 2i HX *HQm//2i, AMi2` +iBp2 pBbm H M HvbBb Q7 MQK HQmb T2`7Q`K M+2b
A111 h` Mb oBb *QKTmi :` T?- kyRN- ke, RRyd@RRRd
j3 ErQM " *- 1vb2M# +? "- o2`K C- 2i HX *Hmbi2`pBbBQM, oBbm H bmT2`pBbBQM Q7 mMbmT2`pBb2
*QKTmi :` T?- kyRd- k9, R9k@R8R
jN pQM w2`MB+?Qr " J- _QK M .X lb #BHBiv Q7 pBbm H / i T`Q}HBM; BM / i +H2 MBM; M/ i` Mb7Q`K iB
PhJ *QM72/2` i2/ AMi2`M iBQM H *QM72`2M+2b6PM i?2 JQp2 iQ J2 MBM;7mH AMi2`M2i avbi2Kb6- ky
9y E` mb2 C- . b; mTi - ar`ix C- 2i HX rQ`F~Qr 7Q` pBbm H /B ;MQbiB+b Q7 #BM `v +H bbB}2`b mbBM;
AM, S`Q+22/BM;b Q7 i?2 A111 *QM72`2M+2 QM oBbm H M HviB+b a+B2M+2 M/ h2+?MQHQ;v- kyRdX
9R JBM; u- Zm >- "2`iBMB 1X _mH2K i`Bt, oBbm HBxBM; M/ mM/2`bi M/BM; +H bbB}2`b rBi?`mH2bX A1
kyR3- k8, j9k@j8k
9k 6 mbi _- :HB+F2Mbi2BM .- a+?2B/2; ;2` *X .BK_2 /2`, tBb HBM2b i? i 2tTH BM MQM@HBM2 `T`QD2+i
: ` T?- kyR3- k8, 93R@9Ny
9j * p HHQ J- .2KB` HT İX pBbm H BMi2` +iBQM 7` K2rQ`F 7Q` /BK2MbBQM HBiv`2/m+iBQM # b2/ / i
Q7 i?2 *>A *QM72`2M+2 QM >mK M 6 +iQ`b BM *QKTmiBM; avbi2Kb- kyR3X R@Rj
99 w? Q s- qm u- G22 . G- 2i HX B6Q`2bi, AMi2`T`2iBM; ` M/QK 7Q`2bib pB pBbm H M HviB+bX A111
kyR3- k8, 9yd@9Re
98 *?2M; > 6- q M; _- w? M; w- 2i HX 1tTH BMBM; /2+BbBQM@K FBM; H; Q`Bi?Kb i?`Qm;? IA, ai` i2;
bi F2?QH/2`bX AM, S`Q+22/BM;b Q7 i?2 *>A *QM72`2M+2 QM >mK M 6 +iQ`b BM *QKTmiBM; avbi2Kb
9e w? M; *- u M; C- w? M 6 "- 2i HX pBbm H M HviB+b TT`Q +? iQ ?B;?@/BK2MbBQM H HQ;BbiB+
TTHB+ iBQM iQ M 2MpB`QMK2Mi H ?2 Hi? bim/vX AM, S`Q+22/BM;b Q7 i?2 A111 S +B}+ oBbm HBx
9d GB Z- LDQiQT` rB`Q E a- > H22K >- 2i HX 1K#2//BM;pBb, pBbm H M HviB+b TT`Q +? iQ +QKT
BMbT2+iBQMX AM, S`Q+22/BM;b Q7 i?2 A111 *QM72`2M+2 QM oBbm H M HviB+b a+B2M+2 M/ h2+?
93 ErQM " *- M M/ o- a2p2`bQM E - 2i HX .SoBb, oBbm H M HviB+b rBi? ?B//2M K `FQp KQ/2Hb 7Q
T i?r vbX A111 h` Mb oBb *QKTmi :` T?X kyky,R@R
9N ErQM " *- EBK >- q HH 1- 2i HX tBbF2i+?2`, AMi2` +iBp2 MQMHBM2 ` tBb K TTBM; Q7 pBbm HBx i
A111 h` Mb oBb *QKTmi :` T?- kyRe- kj, kkR@kjj
8y * p HHQ J- .2KB` HT İX *Hmbi`QT?BH2 k, :mB/2/ pBbm H +Hmbi2`BM; M HvbBbX A111 h` Mb oBb *QK
8R q2tH2` C- Smb?F `M J- "QHmF# bB h- 2i HX h?2 r? i@B7 iQQH, AMi2` +iBp2 T`Q#BM; Q7 K +?BM2
oBb *QKTmi :` T?- kyRN- ke, 8e@e8
8k *QHH `Bb .- p M qBDF C CX 1tTH BM1tTHQ`2, pBbm H 2tTHQ` iBQM Q7 K +?BM2 H2 `MBM; 2tTH M iB
S +B}+ oBbm HBx iBQM avKTQbBmK- kykyX ke@j8
8j >Q?K M 6- >2 / - * `m M _- 2i HX : Kmi, /2bB;M T`Q#2 iQ mM/2`bi M/?Qr/ i b+B2MiBbib mM/2`bi M
KQ/2HbX AM, S`Q+22/BM;b Q7 i?2 *>A *QM72`2M+2 QM >mK M 6 +iQ`b BM *QKTmiBM; avbi2Kb- kyRN
89 JC?H# +?2`h- GBM? `/i G- J`HH2`h- 2i HX h`22TQ/, a2MbBiBpBiv@ r`2 b2H2+iBQM Q7 T`2iQ@QTi
oBb *QKTmi :` T?- kyRd- k9, Rd9@R3j
88 .BM;2M .- p M6i o22` J- >Qmi?mBx2M S- 2i HX _2;`2bbBQM1tTHQ`2`, AMi2` +iBp2 2tTHQ` iBQM Q7
bm#;`QmT M HvbBbX A111 h` Mb oBb *QKTmi :` T?- kyR3- k8, k9e@k88
8e * b?K M .- S2`2` - *? M; _- 2i HX #H i2- p `B i2- M/ +QMi2KTH i2, oBbm H M HviB+b 7Q` /Bb+Qp2
A111 h` Mb oBb *QKTmi :` T?- kyRN- ke, 3ej@3dj
8d JBM; u- sm S- *?2M; 6- 2i HX S`QiQai22`, ai22`BM; /22T b2[m2M+2 KQ/2H rBi? T`QiQivT2bX A111 h`
kyRN- ke, kj3@k93
83 GBm a- sB Q C- GBm C- 2i HX oBbm H /B ;MQbBb Q7 i`22 #QQbiBM; K2i?Q/bX A111 h` Mb oBb *QKT
8N aTBMM2`h- a+?H2;2H l- a+? 72` >- 2i HX 2tTH AM2`, pBbm H M HviB+b 7` K2rQ`F 7Q` BMi2` +i
H2 `MBM;X A111 h` Mb oBb *QKTmi :` T?- kyRN- ke, Rye9@Ryd9
ey w? M; C- q M; u- JQHBMQ S- 2i HX J MB7QH/, KQ/2H@ ;MQbiB+ 7` K2rQ`F 7Q` BMi2`T`2i iBQM M/ /
KQ/2HbX A111 h` Mb oBb *QKTmi :` T?- kyR3- k8, je9@j dj
eR GBm J- GBm a- am >- 2i HX M HvxBM; i?2 MQBb2`Q#mbiM2bb Q7 /22T M2m` H M2irQ`FbX AM, S`Q+
QM oBbm H M HviB+b a+B2M+2 M/ h2+?MQHQ;v- kyR3X ey@dR
ek q M; C- :Qm G- a?2M > q- 2i HX .[MpBx, pBbm H M HviB+b TT`Q +? iQ mM/2`bi M/ /22T [@M2irG

*QKTmi :` T?- kyR3- k8, k33@kN3

ej ai`Q#2Hi >- :2?`K MM a- "2?`Bb+? J- 2i HX a 2[kb 2[@p Bb, pBbm H /2#m;;BM; iQQH 7Q` b2[m2M+2 h` Mb oBb *QKTmi :` T?- kyR3- k8, j8j@jej

e9 C mM2i h- omBHH2KQi _- qQH7 *X _GoBx, IM/2`bi M/BM; /2+BbBQMb M/ K2KQ`v BM /22T`2BM7Q :` T? 6Q`mKX kyky- jN, 9N@eR

e8 E ?M; J- h?Q` i L- *? m . >- 2i HX : M H #, IM/2`bi M/BM; +QKTH2t /22T ;2M2` iBp2 KQ/2Hb mbBM 2tT2`BK2Mi iBQMX A111 h` Mb oBb *QKTmi :` T?- kyR3- k8, jRy@jky

ee q M; C- :Qm G- u M; >- 2i HX : MpBx, pBbm H M HviB+b TT`Q +? iQ mM/2`bi M/ i?2 /p2`b `B H ; *QKTmi :` T?- kyR3- k9, RNy8@RNRd

ed JBM; u- * Q a- w? M; _- 2i HX IM/2`bi M/BM; ?B//2M K2KQ`B2b Q7`2+m`2Mi M2m` H M2irQ`FbX AM *QM72`2M+2 QM oBbm H M HviB+b a+B2M+2 M/ h2+?MQHQ;v- kyRdX Rj@k9

e3 ai`Q#2Hi >- :2?`K MM a- S}bi2` >- 2i HX GbiKpBb, iQQH 7Q` pBbm H M HvbBb Q7 ?B//2M bi i2 /v M2irQ`FbX A111 h` Mb oBb *QKTmi :` T?- kyRd- k9, eed@ede

eN a?2M Z- qm u- CB M; u- 2i HX oBbm H BMi2`T`2i iBQM Q7`2+m`2Mi M2m` H M2irQ`F QM KmHiB@/B AM, S`Q+22/BM;b Q7 i?2 A111 S +B}+ oBbm HBx iBQM avKTQbBmK- kykyX eR@dy

dy q M; C- w? M; q- u M; >X a* LoBx, AMi2`T`2iBM; i?2 bvK#QH@+QM+2Ti bbQ+B iBQM+ Tim`2/ #v /22T pBbm H M HviB+bX AM, S`Q+22/BM;b Q7 i?2 A111 S +B}+ oBbm HBx iBQM avKTQbBmK- kykyX 8R@dR >Q?K M6- S`F>- _Q#BMbQM *- 2i HX amKKBi, a+ HBM; /22T H2`MBM; BMi2`T`2i #BHBiv #vpBbm H bmKK `Bx iBQMbX A111 h` Mb oBb *QKTmi :` T?- kyRN- ke, RyNe@RRye

dk GBm :- :BzQ`/ .X oBbm HBxBM; 72 im`2 K Tb BM /22T M2m` H M2irQ`Fb mbBM; /22T`2bQHp2 ;2MQKB kyRN- ky, R9dR@kRy8

dj E ?M; J- M/`2rb S u- E H`Q - 2i HX +iB p Bb, oBbm H 2tTHQ` iBQM Q7 BM/mbi`v@b+ H2 /22T M2m h` Mb oBb *QKTmi :` T?- kyRd- k9, 33@Nd

d9 q M; C- :Qm G- w? M; q- 2i HX .22TpB/, .22T pBbm H BMi2`T`2i iBQM M/ /B ;MQbBb 7Q` BK ;2 + /BbiBHH iBQMX A111 h` Mb oBb *QKTmi :` T?- kyRN- k8, kRe3@kR3y

d8 GBm a- GB w- GB h- 2i HX LHBx2, T2`im`# iBQM@/`Bp2M pBbm H BMi2`Q; iBQM iQQH 7Q` M HvxB BM72`2M+2 KQ/2HbX A111 h` Mb oBb *QKTmi :` T?- kyR3- k8, e8R@eey

de Jm`m; 2b M a- J HBF a- .m 6- 2i HX .22T*QKT `2, oBbm H M/ BMi2` +iBp2 +QKT `BbQM Q7 /22T H2 A111 *QKTmi :` T? TTH- kyRN- jN, 9d@8N

dd JBHH2` hX 1tTH M iBQM BM `iB}+B H BMi2HHB;2M+2, AMbB;?ib 7`QK i?2 bQ+B H b+B2M+2bX `iB7

d3 h H2# A- a2? MB J - .bbQmHB _X "B; / i [m HBiv, bm`p2vX AM, S`Q+22/BM;b Q7 i?2 A111 AMi2` . i - kyR3X Ree@Rdj

dN aQM; >- ax }` . X q?2`2öb Kv / i \ 2p Hm iBM; pBbm HBx iBQMb rBi? KBbbBM; / i X A111 h` Mb oBb k8, NR9@Nk9

3y GBM *- w?m Z- :mQ a- 2i HX MQK Hv /2i2+iBQM BM bT iBQi2KTQ` H / i pB `2;mH `Bx2/ MQM@M2 JBM EMQrH .Bb+Qp- kyR3- jk, Ry8e@Rydj

3R C9MBQ` a- _2MbQ *- J irBM aX M HviB+, M +iBp2 H2 `MBM; bvbi2K 7Q` i` D2+iQ`v +H bbB}+ iBQM kyRd- jd, k3@jN

3k aMv/2` G a- GBM u a- E `BKx /2? J- 2i HX AMi2` +iBp2 H2 `MBM; 7Q` B/2MiB7vBM; `2H2p Mi ir22ib iQ r`2M2bbX A111 h` Mb oBb *QKTmi :` T?- kyRN- ke, 883@8e3

3j G2Fb+? b 6- S2i2`bQM "- > 2?M .- 2i HX S2 t, AMi2` +iBp2 pBbm H T ii2`M b2 `+? BM b2[m2MiB H / `2T`2b2Mi iBQM H2 `MBM;X *QKTmi :` T? 6Q`mKX kyky- jN, Red@RdN

39 J u- sB2 h- GB C- 2i HX 1tTH BMBM; pmHM2` #BHBi2b iQ /p2`b `B H K +?BM2 H2 `MBM; i?`Qm;? p *QKTmi :` T?- kyRN- ke, Ryd8@Ry38

38 :H2B+?2` J- " `p2 - um s- 2i HX "Qt2`, AMi2` +iBp2 +QKT `BbQM Q7 +H bbB}2` `2bmHibX *QKTmi R3R@RNj

3e _2M .- K2`b?B a- G22 "- 2i HX a[m `2b, amTTQ`iBM; BMi2` +iBp2 T2`7Q`K M+2 M HvbBb 7Q` KmHi oBb *QKTmi :` T?- kyRe- kj, eR@dy

3d * #`2` • - 1TT2`bQM q- >Q?K M6- 2i HX 6 B`pBb, oBbm H M HviB+b 7Q` /Bb+Qp2`BM; BMi2`b2+iBG AM, S`Q+22/BM;b Q7 i?2 A111 *QM72`2M+2 QM oBbm H M HviB+b a+B2M+2 M/ h2+?MQHQ;v- kyRNX

33 ?M u- GBM u _X 6 B`bB;?i, oBbm H M HviB+b 7Q` 7 B`M2bb BM /2+BbBQM K FBM;X A111 h` Mb o Ry3e@RyN8

3N * p HHQ J- .2KB` HT İX h` +F sTHQ`2`, avbi2K 7Q` oBbm H M HvbBb Q7 a2MbQ`b# b2/ JQIQ` +iBp
: ` T? 6Q`mKX kyR3- jd, jjN@j9N

Ny . b a- * b?K M.- *? M; _- 2i HX "1 J1a, AMi2` +iBp2 KmHiBKQ/2H bi22`BM;- b2H2+iBQM- M/ BMbT2+
A111 *QKTmi :` T? TTH- kyRN- jN, ky@jk

NRu M; q- q M; s- Gm C- 2i HX AMi2` +iBp2 bi22`BM; Q7 ?B2` `+?B+ H +Hmbi2`BM;X A111 h` Mb oBb *Q
Nk Gm J- q M; a- G MB` C- 2i HX qBM;H2ib, oBbm HBxBM; bbQ+B iBQM rBi? mM+2`i BMiv BM KmHiB@+
*QKTmi :` T?- kyRN- ke, ddy@ddN

Nj GBm .- *mB q- CBM E- 2i HX .22Ti` +F2`, oBbm HBxBM; i?2 i` BMBM; T`Q+2bb Q7 +QMpQHmiBQM H M
avbi h2+?MQH- kyR3- Ry, R@k8

N9 "BH H - CQm` #HQQ - u2 J- 2i HX .Q +QMpQHmiBQM H M2m` H M2irQ`Fb H2 `M +H bb ?B2` `+?v\X .
kyRd- k9, R8k@Rek

N8 >2 q- G22 h u- p M " ` C- 2i HX .vM KB+b1tTHQ`2`, oBbm H M HviB+b 7Q` `Q#Qi +QMi`QH i bFb
GahJ@# b2/ +QMi`QH TQHB+B2bX AM, S`Q+22/BM;b Q7 i?2 A111 S +B}+ oBbm HBx iBQM avKTQbBm
Ne _ m#2` S 1- 6 /2H a :- 6 H+ Q s- 2i HX oBbm HBxBM; i?2 ?B//2M +iBpBiv Q7 `iB}+B H M2m` H M
*QKTmi :` T?- kyRe- kj, RyR@RRy

Nd S2xxQiIB L- >°HHi h- o M :2K2`i C- 2i HX .22T2v2b, S`Q;`2bbBp2 pBbm H M HviB+b 7Q` /2bB;MBM;
h` Mb oBb *QKTmi :` T?- kyRd- k9, N3@Ry3

N3 LB2 a- >2 H2v *- S /B E- 2i HX oBbm HBxBM; /22T M2m` H M2irQ`Fb 7Q` i2ti M HviB+bX AM, S`Q
oBbm HBx iBQM avKTQbBmK- kyR3X R3y@R3N

NN * b?K M.- S ii2`bQM :- JQb+ - 2i HX _MM#Qr, oBbm HBxBM; H2 `MBM; pB # +FT`QT ; iBQM;` /B2M
: ` T? TTH- kyR3- j3, jN@8y

RyyGBm J- a?B C- GB w- 2i HX hQr `/b #2ii2` M HvbBb Q7 /22T +QMpQHmiBQM H M2m` H M2irQ`FbX A
kyRe- kj, NR@Ryy

RyRqQM;bmT? b r i E- aKBHFQp .- q2tH2` C- 2i HX oBbm HBxBM; / i ~Qr;` T?b Q7 /22T H2 `MBM; KQ/
h` Mb oBb *QKTmi :` T?- kyRd- k9, R@Rk

RykPHBp2B` S- _Q/`B;m2b 6- >2M`B[m2b S _X 7Q`K H /2}MBiBQM Q7 / i [m HBiv T`Q#H2KbX AM, S`Q
Ryj *?B M; 6- JBHH2` _ CX .Bb+Qp2`BM; / i [m HBiv `mH2bX AM, S`Q+22/BM;b Q7 i?2 oG." 1M/QrK2Mi- K
Ry9u2? S w- Sm`B * X M 2{+B2Mi M/ `Q#mbi TT`Q +? 7Q` /Bb+Qp2`BM; / i [m HBiv `mH2bX AM, S
AMi2`M iBQM H *QM72`2M+2 QM hQQHb rBi? `iB}+B H AMi2HHB;2M+2- kyRyX k93@k88

Ry8aB/B 6- S M ?v S > a- z2M/2v G a- 2i HX .i [m HBiv, bm`p2v Q7 / i [m HBiv /BK2MbBQMbX AM
AMi2`M iBQM H *QM72`2M+2 QM AM7Q`K iBQM _2i`B2p H EMQRH2;/2 J M ;2K2Mi- kyRkX jyy@jy9

Ryeai2BM J- C M2ixFQ >- " `2BiF`2mix h- 2i HX .B`2+iQ`öb +mi, M HvbBb M/ MMQi iBQM Q7 bQ++2` K
TTH- kyRe- je, 8y@ey

Ryd_QQBD P- p M qBDF C- qQ``BM; JX J2/B i #H2, AMi2` +iBp2 + i2;Q`Bx iBQM Q7 KmHiBK2/B +QHH2
TTH- kyRy- jy, 9k@8R

Ry3:QQ/ HHC _- _ ; M 1.- ai22/ * - 2i HX aBim, A/2MiB7vBM; M/ 2tTH BMBM; bmbTB+BQmb #2? pBQ` B
*QKTmi :` T?- kyR3- k8, ky9@kR9

RyN* Q L- GBM u _- :Qix .- 2i HX w@:HvT?, oBbm HBxBM; QmiHB2`b BM KmHiBp `B i2 / i X AM7 oBb- ky
RRy"mib+?2` a- >#2Mb+?KB/ a- JCHH2` C- 2i HX *Hmbi2`b- i`2M/b- M/ QmiHB2`b, >Qr BKK2`bBp2 i2
+QHH #Q` iBp2 M HvbBb Q7 KmHiB/BK2MbBQM H / i X AM, S`Q+22/BM;b Q7 i?2 *>A *QM72`2M+2
avbi2Kb- kyR3X R@Rk

RRR>Q?K M 6- E ?M; J- SB2Mi _- 2i HX oBbm H M HviB+b BM /22T H2 `MBM;, M BMi2``Q; iBp2 bm`p2v
h` Mb oBb *QKTmi :` T?- kyR3- k8, ked9@keNj

RRkaKBHFQp .- * `i2` a- a+mHH2v .- 2i HX .B`2+i@K MBTmH iBQM pBbm HBx iBQM Q7 /22T M2irQ`FbX
kyRd

RRj # /B J- ; `r H - " `? K S- 2i HX h2MbQ`~Qr, G `;2@b+ H2 K +?BM2 H2 `MBM; QM ?2i2`Q;2M2Qmb /B
T`2T`Bmi `sBp,ReyJXy99ed- kyRe

RR9J ?2M/` M - o2/ H/B X oBbm HBxBM; /22T +QMpQHmiBQM H M2m` H M2irQ`Fb mbBM; M im` H T`2@
*QKTmi2` oBbBQM- kyRe- Rky, kjj@k88

RR8w2BH2` J .- 62`;mb _X oBbm HBxBM; M/ mM/2`bi M/BM; +QMpQHmiBQM H M2irQ`FbX AM, S`Q+22/E
QM *QKTmi2` oBbBQM- kyR9X 3R3@3jj

RReaT`BM;2M#2`; C h- .QbQpBibFBv - "`Qt h- 2i HX ai`BpBM; 7Q` bBKTHB+Biv, h?2 HH +QMpQH

`sBp,R9RkXe3ye- kyR9
RRdaBKQMv ME- o2/ H/B - wBbb2`K M X .22T BMbB/2 +QMpQHmiBQM H M2irQ`Fb, oBbm HBbBM; BK ;2 -
K TbX `sBp T`2T`Bmi `sBp,RjRkXeyj9- kyRj
RR3" +? a- "BM/2` - JQMi pQM :- 2i HX PM Tbt2H@rBb2 2tTH M iBQMb 7Q` MQM@HBM2 `+H bbBj2` /2
T`QT ; iBQMX SHQa PM2- kyR8- Ry, 2yRjyR9y
RRN.QbQpBibFBv - "`Qt hX AMP2`iBM; pBbm H `2T`2b2Mi iBQMb rBi? +QMpQHmiBQM H M2irQ`FbX AM, S
QM *QKTmi2` oBbBQM M/ S ii2`M _2+Q;MBiBQM- kyReX 93kN@93jd
RkyJ ?2M/` M - o2/ H/B X IM/2`bi M/BM; /22T BK ;2 `2T`2b2Mi iBQMb #v Bmp2`iBM; i?2KX AM, S`Q
*QM72`2M+2 QM *QKTmi2` oBbBQM M/ S ii2`M _2+Q;MBiBQM- kyR8X 8R33@8RNe
RkRL;mv2M - .QbQpBibFBv - uQbBMbFB C- 2i HX avMi?2bBxBM; i?2 T`272``2/ BMTmiB 7Q` M2m`QMb BM
M2irQ`FbX `sBp T`2T`Bmi `sBp,Rey8XyNjy9- kyRe
RkkuQbBMbFB C- *HmM2 C- L;mv2M - 2i HX IM/2`bi M/BM; M2m` H M2irQ`Fb i?`Qm;? /22T pBbm
`sBp,R8yeXye8dN- kyR8
Rkj >2 q- q M; C- :mQ >- 2i HX AMaBimL2i, .22T BK ;2 bvMi?2bBb 7Q` T `K2i2` bT +2 2tTHQ` iBQM Q
A111 h` Mb oBb *QKTmi :` T?- kyRN- ke, kj@jj
Rk9*?2M *- q M; *- " B s- 2i HX :2M2` iBp2J T, oBbm HBx iBQM M/ 1tTHQ` iBQM Q7 .vm KB+ .2MbBiv
G2 `MBM; JQ/2HX A111 h` Mb oBb *QKTmi :` T?- kyRN- ke, kRe@kke
Rk8> M C- h Q C- q M; *X 6HQRl2i, /22T H2 `MBM; 7` K2rQ`F 7Q` +Hmbi2`BM; M/ b2H2+iBQM Q7 bi`2 K
A111 h` Mb oBb *QKTmi :` T?- kyR3- ke, Rdjk@Rd99
Rkeq M; u- w?QM; w- >m CX .22TP`; ML2i, QM@i?2@~v `2+QMbi`m+iBQM M/ pBbm HBx iBQM Q7 j.f9. H
T`QD2+iBQMb #v /22T /27Q`K iBQM M2irQ`FX A111 h` Mb oBb *QKTmi :` T?- kyRN- ke, Ney@Ndy
Rkd.B#B o- .2KB` HT İX . i kpBb, miQK iB+ ;2M2` iBQM Q7 / i pBbm HBx iBQMb mbBM; b2[m2M+2@i
M2irQ`FbX A111 *QKTmi :` T? TTH- kyRN- jN, jj@9e
Rk3>m E- " FF2` J - GB a- 2i HX oBxKH, K +?BM2 H2 `MBM; TT`Q +? iQ pBbm HBx iBQM `2+QKK2M/
i?2 *>A *QM72`2M+2 QM >mK M 6 +iQ`b BM *QKTmiBM; avbi2Kb- kyRNX R@Rk
RkNj 7`m` _- a? `7 J - E? M > X .Bp2, .Bp2`bB7vBM; pB2r`2+QKK2M/ iBQM 7Q` pBbm H / i 2tTHQ` iB
i?2 *J AMi2`M iBQM H *QM72`2M+2 QM AM7Q`K iBQM M/ EMQRH2;/2 J M ;2K2Mi- kyR3X RRkj@RRjk
Rjy JBHQ h- aQK2+? X L2ti@bi2T bm;;2biBQMb 7Q` KQ/2`M Bmi2` +iBp2 / i M HvbBb TH i7Q`KbX A
aA:E.. AMi2`M iBQM H *QM72`2M+2 QM EMQRH2;/2 .Bb+Qp2`v . i JBMBM;- kyR3X 8de@838
RjRj u- hmM; E >- q M; q- 2i HX a+ ii2`M2i, /22T bm#D2+iBp2 bBKBH `Biv KQ/2H 7Q` pBbm H M Hvb
h` Mb oBb *QKTmi :` T?- kyR3- ke, R8ek@R8de
Rjk >m _- a? h- o ME B+F P- 2i HX . i b KTHBM; BM KmHiB@pB2r M/ KmHiB@+H bb b+ ii2`THQib pB b
h` Mb oBb *QKTmi :` T?- kyRN- ke, djN@d93
Rjj sB C- u2 6- *?2M q- 2i HX G.aa+ MM2`, 1tTHQ` iQ`v M HvbBb Q7 HQR@/BK2MbBQM H bi`m+im`2b
A111 h` Mb oBb *QKTmi :` T?- kyRd- k9, kje@k98
Rj9 *mB q- w? M; s- q M; u- 2i HX h2ti@iQ@pBx, miQK iB+ ;2M2` iBQM Q7 BM7Q;` T?B+b 7`QK T`QTQ`i
bi i2K2MibX A111 h` Mb oBb *QKTmi :` T?- kyRN- ke, Nye@NRe
Rj8 *?2M w- q M; u- q M; Z- 2i HX hQR`/b miQK i2/ BM7Q;` T?B+ /2bB;M, .22T H2 `MBM;@# b2/ miQ@2
iBK2HBM2X A111 h` Mb oBb *QKTmi :` T?- kyRN- ke, NRd@Nke
Rje w2M; >- q M; s- qm - 2i HX 1KQ*Q, oBbm H M HvbBb Q7 2KQiBQM +Q?2`2M+2 BM T`2b2Mi iBQM pB/2
: ` T?- kyRN- ke, Nkd@Njd
Rjd *?2M a- GB C- M/`B2MFQ :- 2i HX amTTQ`iBM; biQ`v bvMi?2bBb, "`B;/BM; i?2 ; T #2ir22M pBbm H
A111 h` Mb oBb *QKTmi :` T?- kyR3- ke, k9NN@k8Re
Rj3 :mQ >- G B/H r .>X hQTB+@# b2/ 2tTHQ` iBQM M/ 2K#2//2/ pBbm HBx iBQMb 7Q` `2b2 `+? B/2 ;2
*QKTmi :` T?- kyR3- ke, R8Nk@Reyd
RjN1H@ bb /v J- E2?H#2+F _- *QHhBmb *- 2i HX a2K MiB+ +QM+2Ti bT +2b, :mB/2/ iQTB+ KQ/2H `2}M2
T`QD2+iBQMbX A111 h` Mb oBb *QKTmi :` T?- kyRN- ke, RyyR@RyRR
R9ya +? .- E` mb J- "2`M ` / C- 2i HX aQK-Qr, :mB/2/ 2tTHQ` iQ`v +Hmbi2` M HvbBb rBi? b2H7@Q`; M
T`Qp2M M+2X A111 h` Mb oBb *QKTmi :` T?- kyRd- k9, Rky@Rjy
R9RE`m2;2` _- "2v2` C- C M; q .- 2i HX 6 +2iiQ, *QK#BMBM; mMbmT2`pBb2/ M/ bmT2`pBb2/ H2 `MBM;
M HvbBb BM KmHiB@+? MM2H BK ;2 / i X A111 h` Mb oBb *QKTmi :` T?- kyRN- ke, kkd@kjd
R9kG2p2MiB/Bb - w? M; C- .mMM2 *- 2i HX Zm2`voBb, GQ;B+@# b2/ /B ;`Kb ?2HT mb2`b mM/2`bi M/

7 bi2`X AM, S`Q+22/BM;b Q7 i?2 *J aA:JP. AMi2`M iBQM H *QM72`2M+2 QM J M ;2K2Mi Q7 . i - kyk
R9jaQM; u- *?m > 1- "?QrKB+F a a- 2i HX "PPJ1_, hQQH 7Q` "H2M/BM; oBbm HS@>QKQKQ`T?B+ Zm2`
AM, S`Q+22/BM;b Q7 i?2 *J aA:JP. AMi2`M iBQM H *QM72`2M+2 QM J M ;2K2Mi Q7 . i - kykyX ke38
R99ErQM P >- J E GX /22T ;2M2` iBp2 KQ/2H 7Q` ;` T? H vQmiX A111 h` Mb oBb *QKTmi :` T?- kyRN- k
R98ErQM " *- *?QB J C- EBK C h- 2i HX _2i BmpBb, oBbm H M HviB+brBi? BMi2`T`2i #H2 M/ BMi2` +iBp
QM 2H2+i`QMB+ K2/B+ H`2+Q`/bX A111 h` Mb oBb *QKTmi :` T?- kyR3- k8, kNN@jyN
R9e"?QrKB+F a a- >m M; E- *?m > 1- 2i HX l_P_ , . i @/'`Bp2M *QMbi`m+iBQM Q7 oBbm H :` T? Zm2`v A
. i # b2bX AM, S`Q+22/BM;b Q7 i?2 *J aA:JP. AMi2`M iBQM H *QM72`2M+2 QM J M ;2K2Mi Q7 . i - k
R9da ppB/2b _- >2M2HBmb - PBF `BM2M 1- 2i HX aB;MB}+ M+2 Q7 T ii2`Mb BM / i pBbm HBb iBQMb
aA:E.. AMi2`M iBQM H *QM72`2M+2 QM EMQRH2;/2 .Bb+Qp2`v . i JBMBM;- kyRNX R8yN@R8Rd
R93h M a- a "?QrKB+F a- *?m > 1- 2i HX G hh1, oBbm H *QMbi`m+iBQM Q7 aK`i *QM` +ibX AM, S`Q
aA:JP. AMi2`M iBQM H *QM72`2M+2 QM J M ;2K2Mi Q7 . i - kykyX kdRj@kdRe
R9NL `v M M o- qm E- umFb2H *- 2i HX oBbm H FMBiiBM; K +?BM2 T`Q;` KKBM;X *J h` Mb :` T?- kyRN-
R8y> x `BF a- GB >- q M; E *- 2i HX LLo , L2m` H M2irQ`F bbBbi2/pBbm H M HvbBb Q7 v2 bi +2HH TQH
h` Mb oBb *QKTmi :` T?- kyRN- ke, j9@99
R8R*?2M w- w2M; q- u M; w- 2i HX G bbQL2i, .22T G bbQ@b2H2+iBQM Q7 j. TQBMi +HQm/bX A111 h` M
ke, RN8@ky9
R8kGB C- *?2M a- *?2M q- 2i HX a2K MiB+b@bT +2@iBK2 +m#2, +QM+2Tim H 7` K2rQ`F 7Q` bvbi2K i
M/ iBK2X A111 h` Mb oBb *QKTmi :` T?- kyR3- ke, Rd3N@R3ye
R8j J2B >- *?2M q- q2B u- 2i HX _b i`22, .Bbi`B#miBQM@ r`2 / i `2T`2b2Mi iBQM Q7 H `;2@b+ H2 i #
pBbm H [m2`vX A111 h` Mb oBb *QKTmi :` T?- kyRN- ke, RReR@RRdR
R89.QM; G- " B Z- EBK h- 2i HX J `pB[, Zm HBiv@ r`2 :2QbT iB H oBbm HBx iBQM Q7 _ M;2@a2H2+iB
Bx iBQMX AM, S`Q+22/BM;b Q7 i?2 *J aA:JP. AMi2`M iBQM H *QM72`2M+2 QM J M ;2K2Mi Q7 . i - k
R88w? M; G- H;? K/B L- 1Hi # F? J u- 2i HX "B; . i a2`B2b M HviB+b lbBM; h _ .Aa M/ Bib 1tTHQBi iB
TTHB+ iBQMbX AM, S`Q+22/BM;b Q7 i?2 *J aA:JP. AMi2`M iBQM H *QM72`2M+2 QM J M ;2K2Mi Q7
R8eGBM Z- E2 q- GQm C :- 2i HX "B;AL9, AMbi Mi- AMi2` +iBp2 AMbB;?i A/2MiB}+ iBQM 7Q` JmHiB@
S`Q+22/BM;b Q7 i?2 *J aA:E.. AMi2`M iBQM H *QM72`2M+2 QM EMQRH2;/2 .Bb+Qp2`v . i JBMBM;-
R8dE` bF hX LQ`i?bi ` , M BMi2` +iBp2 / i b+B2M+2 bvbi2KX S`Q+22/BM;b Q7 i?2 oG." 1M/QrK2Mi- kyR
R83q M; u- GB C- LB2 6- 2i HX GBM2 ` /Bb+`BKBM iBp2 bi ` +QQ`/BM i2b 7Q` 2tTHQ`BM; +H bb M/ +Hmbi
/ i X *QKTmi :` T? 6Q`mKX kyRd- je, 9yR@9Ry
R8Nq M; _- q2B w- GB S- 2i HX aiQ`vi2HHBM; 7`QK M BK ;2 bi`2 K mbBM; b+2M2 ;` T?bX AM, S`Q+22/B
QM `iB}+B H AMi2HHB;2M+2- kykyX NR38@NRnk
Rey>m C- *?2M; u- : M w- 2i HX q? i K F2b ` ;QQ/ biQ`v\ /2bB;MBM; +QKTQbBi2`2r`/b 7Q` pBbm H biQ`v
Q7 i?2 A *QM72`2M+2 QM `iB}+B H AMi2HHB;2M+2- kykyX dNeN@dNde
ReRu M; S- GmQ 6- *?2M S- 2i HX EMQRH2;/2 #H2 aiQ`vi2HH2`, *QKKQMb2Mb2@.`Bp2M :2M2` iBp2 JQ
AM, S`Q+22/BM;b Q7 i?2 AMi2`M iBQM H CQBMi *QM72`2M+2 QM `iB}+B H AMi2HHB;2M+2- kyRNX 8
Rek1Hb bb /v J- a2p biD MQp _- :BTT "- 2i HX L1_1t, L K2/b1MiBiv_2H iBQMb?BT 1tTHQ` iBQM BM Jm
*QKTmi :` T? 6Q`mKX kyRd- je, kRj@kk8
Rej " 2 C- >2HH/BM h- _Bp2B`Q JX IM/2`bi M/BM; AM/B`2+i * mb H _2H iBQMb?BTb BM LQ/2bGBMF :` T
kyRd- je, 9RR@9kR
Re9CmM; u- EBK .- qQQ a- 2i HX >B/2@ M/@i2HH, G2 `MBM; iQ #`B/;2 T?QiQ bi`2 Kb 7Q` pBbm H biQ`v
A *QM72`2M+2 QM `iB}+B H AMi2HHB;2M+2- kykyX RRkRj@RRkky
Re8CmM; u- EBK .- qQQ a- 2i HX >B/2@ M/@i2HH, G2 `MBM; iQ #`B/;2 T?QiQ bi`2 Kb 7Q` pBbm H biQ`v
A *QM72`2M+2 QM `iB}+B H AMi2HHB;2M+2- kykyX RRkRj@RRkky
Ree>QM; 6- GBm *- um M sX .LL@oQHobB, AMi2` +iBp2 pQHmK2 pBbm HBx iBQM bmTTQ`i2/ #v /22T M2r
Q7 i?2 A111 S +B}+ oBbm HBx iBQM avKTQbBmK- A111X kyRN, k3k@kNR
RedGBm *- sB2 G- > M u- 2i HX miQ* TiBQM, M TT`Q +? iQ :2M2` i2 L im` H G M; m ;2 .2b+`BTiBQ
miQK iB+ HHvX AM, S`Q+22/BM;b Q7 i?2 A111 S +B}+ oBbm HBx iBQM avKTQbBmK- kykyX RNR@RN
Re3GBm *- qm *- a? Q >- 2i HX aK`i+m#2, M / TiBp2 / i K M ;2K2Mi `+?Bi2+im`2 7Q` i?2 `2 H@iB
bT iBQi2KTQ` H / i b2ibX A111 h` Mb oBb *QKTmi :` T?- kyRN- ke, dNy@dNN
ReNG B *- GBM w- CB M; _- 2i HX miQK iB+ MMQi iBQM bvM+?`QMBxBM; rBi? i2tim H /2b+`BTiBQM 7Q
Q7 i?2 *>A *QM72`2M+2 QM >mK M 6 +iQ`b BM *QKTmiBM; avbi2Kb- kykyX R@Rj

Rdyq M; u- *?m s- w? M; E- 2i HX a? T2qQ`/H2, i BHQ`BM; rQ`/H2b mbBM; b? T2@ r`2 `+?BK2/2 M bT
 *QKTmi :` T?- kyRN- ke, NNR@Ryyy

RdRh M; h- _m# # a- G B C- 2i HX BaiQ`vHBM2, 1z2+iBp2 +QMp2`;2M+2 iQ ? M/@/` rM biQ`vHBM2bX A1
 kyR3- k8, deN@dd3

Rdkw? Q u- GmQ s- GBM s- 2i HX oBbm H M HviB+b 7Q` 2H2+i`QK ;M2iB+ bBim iBQM r`2M2bb BM` /B
 A111 h` Mb oBb *QKTmi :` T?- kyRN- ke, 8Ny@eyy

RdjJBM; u- sm S- Zm >- 2i HX AMi2`T`2i #H2 M/ bi22` #H2 b2[m2M+2 H2 `MBM; pB T`QiQivT2bX AM
 aA:E.. AMi2`M iBQM H *QM72`2M+2 QM EMQRH2;/2 .Bb+Qp2`v . i JBMBM;X kyRN, Nyj@NRj

Rd9*?2M q- :mQ 6- > M .- 2i HX ai`m+im`2@# b2/ bm;;2biBp2 2tTHQ` iBQM, M2r TT`Q +? 7Q` 2z2+i
 M2irQ`FbX A111 h` Mb oBb *QKTmi :` T?- kyR3- k8, 888@8e8

Rd8w?m J- *?2M q- sB C- 2i HX GQ+ iBQMkp2+, bBim iBQM@ r`2`2T`2b2Mi iBQM 7Q` pBbm H 2tTHQ`
 i` Mb AMi2HH h` MbT avbi- kyRN- ky, jN3R@jNny

RdesB2 S- h Q q- GB C- 2i HX 1tTHQ`BM; JmHiB@/BK2MbBQM H . i pB am#b2i 1K#2//BM;X AM, S`Q+22
 Rddw?Qm w- J2M; G- h M; *- 2i HX oBbm H #bi` +iBQM Q7 H `;2 b+ H2 ;2QbT iB H Q`B;BM@/2biBM iBQ
 oBb *QKTmi :` T?- kyR3- k8, 9j@8j

Rd3q M; s- *?2M q- ??Qm C E- 2i HX :` T?T`Qi2+iQ`, pBbm HBmi2`7 +2 7Q` 2KTHQvBM; M/ bb2bbBM; K
 ;` T? H;Q`Bi?KbX A111 h` Mb oBb *QKTmi :` T?- kyR3- k8, RNj@kyj

RdNw? M; Z- w?m a *X oBbm HBmi2`T`2i #BHBiv 7Q` /22T H2 `MBM; , bm`p2vX 6`QMi AM7 h2+?MQH 1H2
 R3yCQ C- a2Q CX .Bb2Mi M;H2/ `2T`2b2Mi iBQM Q7 / i /Bbi`B#miBQMb BM b+ ii2`THQibX AM, S`Q+22
 *QM72`2M+2- kyRNX Rje@R9y

R3R: Q G- * Q u S- G B u E- 2i HX +iBp2 2tTHQ` iBQM Q7 H `;2 j/ KQ/2H `2TQbBiQ`B2bX A111 h` Mb oBb
 RjNy@R9yk

R3kq i M #2 E- qm > u- LBB#2 u- 2i HX "B+Hmbi2`BM; KmHiBp `B i2 / i 7Q` +Q``2H i2/ bm#bT +2 KBMB
 A111 S +B}+ oBbm HBx iBQM avKTQbBmK- kyR8X k3d@kN9

R3j "2";2` J- J+.QMqM;? E- a2p2`bFv G JX +Bi2kp2+, *Bi iBQM@/`Bp2M /Q+mK2Mi 2tTHQ` iBQM pB rQ /
 oBb *QKTmi :` T?- kyRe- kj, eNR@dyy

R39J2M; u- w? M; >- GBm J- 2i HX *Hmii2`@ r`2 H #2H H vQmiX AM, S`Q+22/BM;b Q7 i?2 A111 S +B}+
 kyR8X kyd@kR9

R38w?Qm 6- GB C- >m M; q- 2i HX .BK2MbBQM`2+QMbi`m+iBQM 7Q` pBbm H 2tTHQ` iBQM Q7 bm#bT +2
 AM, S`Q+22/BM;b Q7 i?2 A111 S +B}+ oBbm HBx iBQM avKTQbBmK- kyReX Rk3@Rj8

R3eq M; w- 62`2B` L- q2B u- 2i HX : mbbB M +m#2b, _2 H@iBK2 KQ/2HBM; 7Q` pBbm H 2tTHQ` iBQ
 / i b2ibX A111 h` Mb oBb *QKTmi :` T?- kyRe- kj, e3R@eNy

R3dw?2M; C s- S r` a- :QQ/K M . 6 JX :` T? /` rBM; #v biQ+? biB+ ;` /B2Mi /2b+2MiX A111 h` Mb oBb *QKT
 k8, kdj3@kd93

R33q FBi E- h F KB J- >QbQ#2 >X AMi2` +iBp2 ?B;?@/BK2MbBQM H pBbm HBx iBQM Q7 bQ+B H ;` T?b
 S +B}+ oBbm HBx iBQM avKTQbBmK- kyR8X jyj@jRy

R3Nsm S- * Q L- Zm >- 2i HX AMi2` +iBp2 pBbm H +Q@+Hmbi2` M HvbBb Q7 #BT `iBi2 ;` T?bX AM, S
 oBbm HBx iBQM avKTQbBmK- kyReX jk@jN

RNyJ HDQp2+ .- q M; "- _Qb2M S- 2i HX _2i?BMFBM; b2MbBiBpBiv M HvbBb Q7 Mm+H2 `bBKmH iBQM b
 i?2 A111 S +B}+ oBbm HBx iBQM avKTQbBmK- kyReX e9@dR

RNR6mH/ C- "2`K2` J- JmMxM2` hX hBK2GBM2`m` iQ`, AMi2` +iBp2 mi?Q`BM; Q7 pBbm H iBK2HBM2b
 h` Mb oBb *QKTmi :` T?- kyR8- kk, jyy@jyN

RNkC +FH2 .- 6Bb+?2` 6- a+?`2+F h- 2i HX h2KTQ` H J.a THQib 7Q` M HvbBb Q7 KmHiBp `B i2 / i X A11
 kyR8- kk, R9R@R8y

RNjGBm a- q M; "- h?B ;` D M C C- 2i HX oBbm H 1tTHQ` iBQM Q7 >B;?b.BK2MbBQM H . i i?`Qm;? am#b
 S`QD2+iBQMbX *QKTmi :` T? 6Q`mKX kyR8- j9, kdR@k3y

RN9"2";2` J- GB C- G2pBM2 C X ;2M2` iBp2 KQ/2H 7Q` pQHmK2 `2M/2`BM;X A111 h` Mb oBb *QKTmi :`
 RN86mDBr ` h- *?Qm C E- a?BHTBF a- 2i HX M BM+`2K2Mi H /BK2MbBQM HBiv `2/m+iBQM K2i?Q/ 7Q`
 K2MbBQM H / i X A111 h` Mb oBb *QKTmi :` T?- kyRN- ke, 9R3@9k3

RNe> 2?M .- hQKTFBM C- S}bi2` >X;1pTHB+iBMT;2`+2B iBQMLbX A111 h` Mb oBb *QKTmi :` T?- kyR3- k8,
 e9R@e8y

RNdHF +?2p :- 6`2v a- 1`iH hX GQ+ H T`2/B+iBQM KQ/2Hb 7Q` bT iBQi2KTQ` H pQHmK2 pBbm HBx iBQM X

kyRN, R R
RN3:mQ G- u2 a- > M C- 2i HX aa_@o6., aT iB H bmt2`@`2bQHmiBQM 7Q` p2+iQ` }2H// i M HvbBb M/ p
Q7 i?2 A111 S +B}+ oBbm HBx iBQM avKTQbBmK- kykyX dR@3y
RNNJQ`Bix .- 6Bb?2` .- .BM; "- 2i HX h`mbi- #mi p2`B7v, PTiKBbBiB+ pBbm HBx iBQM b Q7 TT`QtBK i2 [
AM, S`Q+22/BM;b Q7 i?2 *>A +QM72`2M+2 QM >mK M 6 +iQ`b BM +QKTmiBM; bvbi2Kb- kyRdX kNy9@
kyy q2M; .- *?2M _- .2M; w- 2i HX a`pBb, hQr `/b #2ii2` bT iB H BMi2;` iBQM BM ` MFBM; pBbm HBx iBQ
: ` T?- kyR3- k8, 98N@9eN
kyREBK "- :CMi?2` hX _Q#mbi `272`2M+2 7` K2 2ti` +iBQM 7`QK mMbi2 /v k. p2+iQ` }2H/b rBi? +QMpQH
*QKTmi:` T? 6Q`mKX kyRN- j3, k38@kN8
kyk 6 M *- > mb2` >X 6 bi M/ ++m` i2 +MMb# b2/ #`mb?BM; BM b+ ii2`THQibX *QKTmi:` T? 6Q`mKX kyR
kyj PiiH2v - : `M2ii _- q M _X 6QHHQri?2 +HB+Fb, G2 `MBM; M/ MiB+BT iBM; KQmb2 BMi2` +iBQM b /m`
*QKTmi:` T? 6Q`mKX kyRN- j3, 9R@8k
ky9 qm h >- w? Q u- KB`mxx K M JX AMi2` +iBp2 oBbm HBx iBQM Q7 A@# b2/ aT22+? _2+Q;MBiBQM h2
AMi2`M iBQM H 1m`QoBb qQ`Fb?QT QM oBbm H M HviB+b- kykyX dN 3j
ky8 *? M; C *- K2`b?B a- E K `1X _2pQHi, *QHH #Q` iBp2 +`Qr/bQm`+BM; 7Q` H #2HBM; K +?BM2 H2 `ME
Q7 i?2 *>A *QM72`2M+2 QM >mK M 6 +iQ`b BM *QKTmiBM; avbi2Kb- kyRdX kjj9@kj9e
kye u M C L - :m w- GBM >- 2i HX aBHp , AMi2` +iBp2Hv bb2bbBM; J +?BM2 G2 `MBM; 6 B`M2bb lbBM; *
i?2 *>A *QM72`2M+2 QM >mK M 6 +iQ`b BM *QKTmiBM; avbi2Kb- kykyX R@Rj
kyda +? .- E` mb J- E2BK . - 2i HX oBb9KH, M QMiHQ;v 7Q` pBbm H M HviB+b bbBbi2/ K +?BM2 H
*QKTmi:` T?- kyR3- k8, j38@jN8
ky3 >m M; w- w? Q u- *?2M q- 2i HX M im` H@H M;m ;2@# b2/ pBbm H [m2`v TT`Q +? Q7 mM+2`i BM
h` Mb oBb *QKTmi:` T?- kyRN- ke, Rk8e@Rkee
kyNum M C- *?2M *- u M; q- 2i HX bm`p2v Q7 pBbm H M HviB+b i2+?MB[m2b 7Q` K +?BM2 H2 `MBM;X
kyky- d, j@je
kRyq M; s- *?2M q- sB C- 2i HX *QM+2Ti1tTHQ`2`, oBbm H M HvbBb Q7 +QM+2Ti /`B7ib BM KmHiB@
S`Q+22/BM;b Q7 i?2 A111 *QM72`2M+2 QM oBbm H M HviB+b a+B2M+2 M/ h2+?MQHQ;v- kykyX R@F
kRRu M; q- GB w- GBm J- 2i HX .B ;MQbBM; +QM+2Ti /`B7i rBi? pBbm H M HviB+bX AM, S`Q+22/BM;b Q7
M HviB+b a+B2M+2 M/ h2+?MQHQ;v- kykyX Rk@kj
kRkw? M; S- GB *- q M; *X oBb*Q/2, 1K#2//BM; AM7Q`K iBQM BM oBbm HBx iBQM AK ;2b mbBM; 1M+Q/2
h` Mb oBb *QKTmi:` T?- kykR- kd, jke@jje
kRj *?2M s- w2M; q- GBM u- 2i HX *QKTQbBiBQM M/ +QM};m` iBQM T ii2`Mb BM KmHiBTH2@pB2r pBb
*QKTmi:` T?- kykR- kd, R8R9@R8k9
kR9w2M; q- GBM *- GBM C- 2i HX _2pBbBiBM; i?2 JQ/B} #H2 `2 H IMBi S`Q#H2K BM .22T h` {+ S`2/B+iB
A111 h` Mb oBb *QKTmi:` T?- kykR- kd, 3jN@393
kR8w? Q u- CB M; >- ZBM u- 2i HX S`2b2`pBM; JBMQ`Biv ai`m+im`2b BM :` T? a KTHBM;X A111 h` Mb o
kd, ReN3@Rdy3
kRe:2 h- w? Q u- G22 "- 2i HX * MBb, >B;?bG2p2H G M;m ;2 7Q` . i b.`Bp2M *? `i MBK iBQM bX *QKTmi
jN, eyd@eRd
kRdsB C- *?2M h- w? M; G- 2i HX aJ S, CQBmi .BK2MbBQM HBiv _2/m+iBQM a+?2K2 7Q` a2+m`2 JmHi
S`Q+22/BM;b Q7 i?2 A111 *QM72`2M+2 QM oBbm H M HviB+b a+B2M+2 M/ h2+?MQHQ;v- kykyX Ryd
kR3GB :- q M; C- a?2M > q- 2i HX *LLS`mM2`, S`mMBM; *QMpQHmiBQM H L2m` H L2irQ`Fb rBi? oBbm H
oBb *QKTmi:` T?- kykR- kd, Rje9@Rj dj
kRN"B M _- sm2 u- w?Qm G- 2i HX AKTHB+Bi JmHiB/BK2MbBQM H S`QD2+iBQM Q7 GQ+ H am#bT +2bX
kykR- kd, R883@R8e3
kky Gm E- 62M; J- *?2M s- 2i HX S H2ii BHQ`, .Bb+`BKBM #H2 *QHq`Bx iBQM 7Q` * i2;Q`B+ H . i X A11
kykR- kd, 9d8@939
kkRa?B u- "v M *- "? KB/BT iB a- 2i HX J22iBM;pBb, oBbm H M `` iBp2biQ bbBbi BM`2+ HHBM; K22iB
h` Mb oBb *QKTmi:` T?- kyR3- k9, RNR3@RNkn
kkk w? Q u- q M; G- GB a- 2i HX pBbm H M HvbBb TT`Q +? 7Q` mM/2`bi M/BM; /m` #BHBiv i2bi / i Q7
h` Mb AMi2HH avbi h2+?MQH- kyRN- Ry, R@kj
kkj sm E- :mQ a- * Q L- 2i HX 1+;H2Mb, AMi2` +iBp2 pBbm H 2tTHQ` iBQM Q7 H `;2 b+ H2 2+; / i 7Q`
S`Q+22/BM;b Q7 i?2 *>A *QM72`2M+2 QM >mK M 6 +iQ`b BM *QKTmiBM; avbi2Kb- kyR3X R@Rk

kk9 w?Qm w- a?B *- a?2M s- 2i HX *QMi2ti@ r`2 a KTHBM; Q7 G `;2 L2irQ`Fb pB :` T? _2T`2b2Mi iBQM
oBb *QKTmi :` T?- kykR- kd, RdyN@RdRN

kk8 w?Qm w- w? M; s- u M; w- 2i HX oBbm H #bi` +iBQM Q7 :2Q;` T?B+ H SQBmi . i rBi? aT iB H miQ+Q`
Q7 i?2 A111 *QM72`2M+2 QM oBbm H M HviB+b a+B2M+2 M/ h2+?MQHQ;v- kykyX ey@dR

kke qm u- * Q L- `+? K# mHi .- 2i HX 1p Hm iBQM Q7 ;` T? b KTHBM; , pBbm HBx iBQM T2`bT2+iBp2X
: ` T?- kyRe- kj, 9yR@9Ry

kkd *?2M s- :2 h- w? M; C- 2i HX `2+m`bBp2 bm#/BpBbBQM i2+?MB[m2 7Q` b KTHBM; KmHiB@+H bb
*QKTmi :` T?- kyRN- ke, dkN@dj3

kk3 w?m J- *?2M q- >m u- 2i HX ._:` T?, M 1{+B2Mi :` T? G vQmi H;Q`Bi?K 7Q` G `;2@b+ H2 :` T?b #v
_2/m+iBQMX A111 h` Mb oBb *QKTmi :` T?- kykR- kd, Reee@Rede

kkNS M C- *?2M q- w? Q s- 2i HX 1t2KTH `@# b2/ H vQmi }M2@imMBM; 7Q` MQ/2@HBMF /B ;` KbX A11
kykR- kd, Re88@Ree8

kjy q M; u- *?2M s- :2 h- 2i HX PTiBKBxBM; +QHQ` bbB;MK2Mi 7Q` T2`+2TiBQM Q7 +H bb b2T ` #BHB
A111 h` Mb oBb *QKTmi :` T?- kyR3- k8, 3ky@3kN

kjR w? Q u- GmQ 6- *?2M J- 2i HX 1p Hm iBM; KmHiB@/BK2MbBQM H pBbm HBx iBQM b 7Q` mM/2`bi M/B
*QKTmi :` T?- kyR3- k8, Rk@kR

kjk L;mv2M - uQbBMBFB C- *HmM2 CX IM/2`bi M/BM; M2m` H M2irQ`Fb pB 72 im`2 pBbm HBx iBQM, b
HX- 2/bX 1tTH BM #H2 A, BMi2`T`2iBM;- 2tTH BMBM; M/ pBbm HBxBM; /22T H2 `MBM;X *? K, aT`

kjj .m J- GBm L- >m sX h2+?MB[m2b 7Q` BMi2`T`2i #H2 K +?BM2 H2 `MBM;X *QKKmM *J- kyRN- ej, e3@

kj9 ZBM w- um 6- GBm *- 2i HX >Qr +QMpQHmiBQM H M2m` H M2irQ`F b22 i?2 rQ`H/@ bm`p2v Q7 +
pBbm HBx iBQM K2i?Q/bX J i? 6QmM/ *QKTmi- kyR3- R, R9N@R3y

kj8 6QM; _ *- o2/ H/B X AMi2`T`2i #H2 2tTH M iBQM b Q7 #H +F #Qt2b #v K2 MBM;7mH T2`im`# iBQMX
AMi2`M iBQM H *QM72`2M+2 QM *QKTmi2` oBbBQM- kyRdX j9kN@j9jd

kje . #FQrbFB S- : H uX _2 H iBK2 BK ;2 b HB2M+v 7Q` #H +F #Qt +H bbB}2`bX AM, S`Q+22/BM;b Q7 i?
L2m` H AM7Q`K iBQM S`Q+2bbBM;5WdKb- kyRdX eNdy

kjd M+QM J- *2QHBMB 1- 1xiB`2HB *- 2i HX hQr `/b #2ii2` mM/2`bi M/BM; Q7 ;` /B2Mi@# b2/ ii`B#miB
M2irQ`FbX AM, S`Q+22/BM;b Q7 i?2 AMi2`M iBQM H *QM72`2M+2 QM G2 `MBM; _2T`2b2Mi iBQM b- k

kj3 " m .- w?Qm "- E?QbH - 2i HX L2irQ`F /Bbb2+iBQM, Zm MiB7vBM; BMi2`T`2i #BHBiv Q7 /22T pBbr
+22/BM;b Q7 i?2 A111 *QM72`2M+2 QM *QKTmi2` oBbBQM M/ S ii2`M _2+Q;MBiBQM- kyRdX e89R@e

kjN 6QM; _- o2/ H/B X L2ikp2+, Zm MiB7vBM; M/ 2tTH BMBM; ?Qr +QM+2Tib `2 2M+Q/2/ #v }Hi2`b BM
S`Q+22/BM;b Q7 i?2 A111 *QM72`2M+2 QM *QKTmi2` oBbBQM M/ S ii2`M _2+Q;MBiBQM- kyR3X 3djy

k9y 1? M .- "2M;BQ u- *Qm`pBHH2 - 2i HX oBbm HBxBM; ?B;?2`@H v2` 72 im`2b Q7 /22T M2irQ`FX
Rj9R, R

k9R:0`iH2` C- aTBMM2` h- ai`22# .- 2i HX IM+2`i BMiv@ r`2 T`BM+BT H +QKTQM2Mi M HvbBbX A111
kyRN- ke, 3kk@3jR

k9k q M; u- amM w- w? M; >- 2i HX . i a?Qi, miQK iB+ ;2M2` iBQM Q7 7 +i b?22ib 7`QK i #mH ` / i X A11
: ` T?- kyRN- ke, 3N8@Ny8

